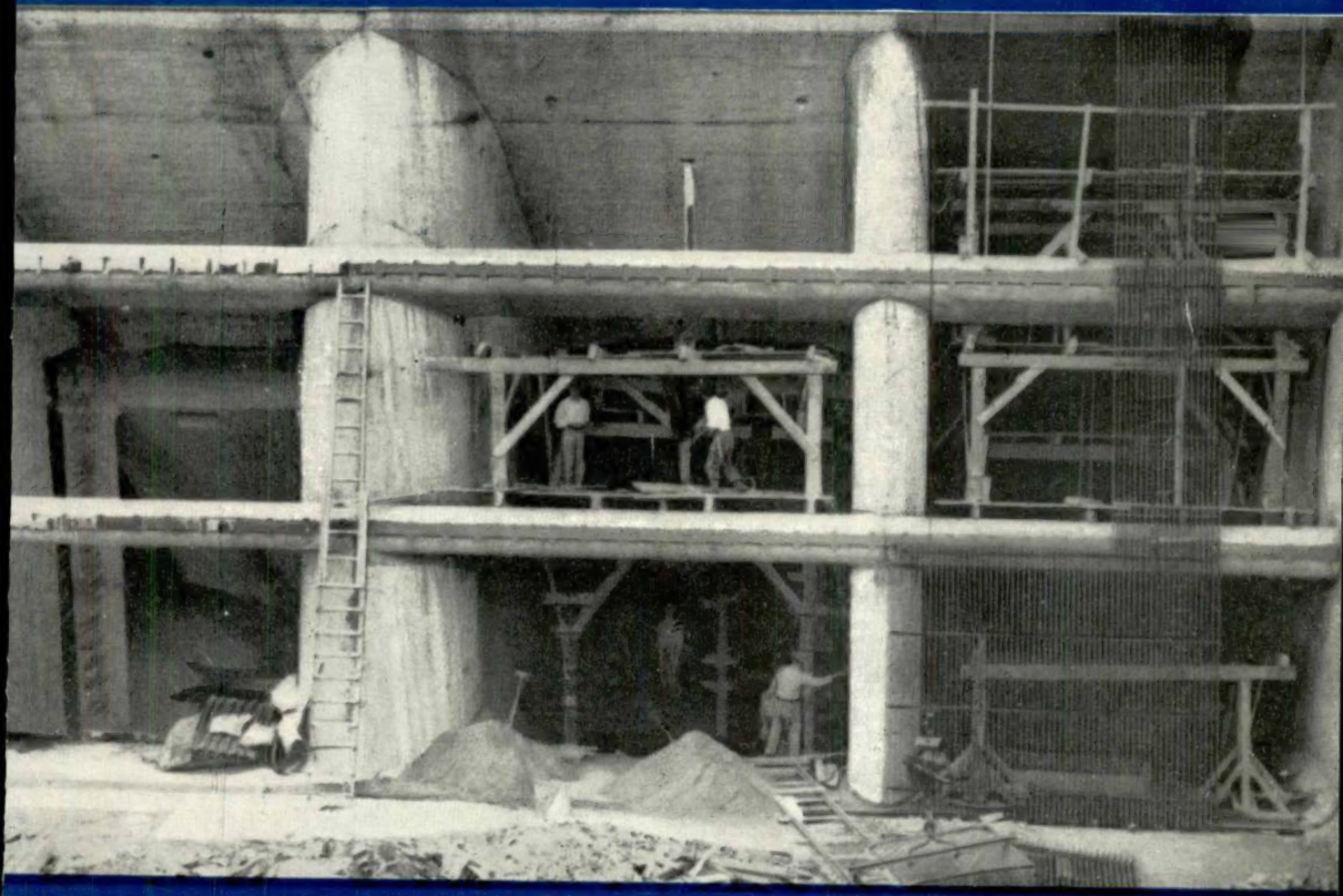
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 203-Junho-1950

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 - 2829 — 2830 - Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
203
Junho — 1950

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 70144 (linha 50)

DIRECTOR
JOSÉ MARIA AVILLEZ
ADMINISTRADOR
LUÍZ DA CUNHA FERRAZ
SECRETÁRIO
MANUEL MARQUES MAIA
BIBLIOTECÁRIA
MARIA HELENA PORTUGAL DA SILVEIRA
CORPO REDACTORIAL
ARMANDO COUTINHO DE LENCASTRE
JÚLIO FERREIRA LOPES
MARGELINO ABREU COSTA
HENRIQUE CANALES PEREIRA

NÚMERO AVULSO 9$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	25$00	45$00	85$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	50$00	90$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

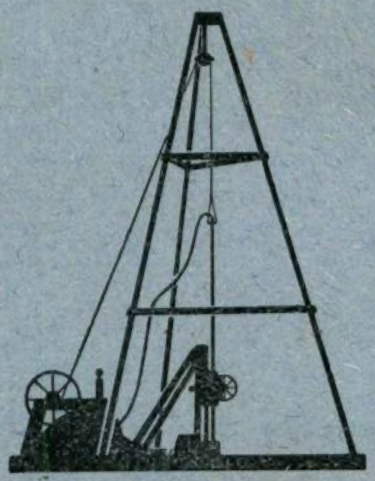
SUMÁRIO

CAPA — Aproveitamento de Belver. Entrada da conduta de aduação da água às turbinas.

		Págs.
Arquitectos e Engenheiros — A-propósito da Reorganização do Ensino da Arquitectura	Arquitecto Pardal Monteiro	1131
Os efeitos da desoxidação pelo silício durante a sangria do aço	Agostinho Bargone	1145
Estudo do circuito oscilante com bobina de núcleo de ferro saturado em regime forçado	Eng.º Manuel José de Abreu Faro	1152
Estudo estático da obtenção de ácido fosfórico por via húmida	Eng.º Luís A. de Almeida Alves	1171
A Mecânica do Solo e as suas aplicações	Eng.º Manuel Pimentel Pereira dos Santos	1178
Actual orientação no cálculo de peças flectidas de betão armado. Algumas considerações práticas	Eng.º Eduardo Cansado de Carvalho	1191
Biblioteca		1200

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

SONDAGENS RODIO, Limitada



RODIO

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

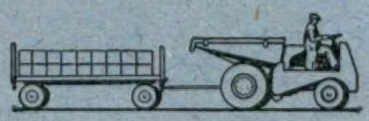
Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

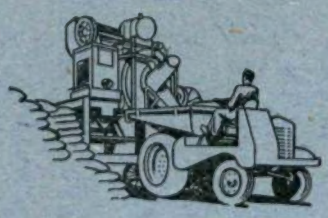
R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

MUIR-HILL DUMPER

TRANSPORTADORES BASCULANTES COM COMANDO ROTATIVO





O método mais económico de transportar materiais a granel, como podem comprovar as unidades já ao serviço em Portugal

///

OS REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

HENRY M. F. HATHERLY, L.DA

RUA DO COMÉRCIO, 8

Telefones 2 2001 e 2 6633 — LISBOA

vos fornecerão todos os detalhes e as suas propostas para entregas rápidas

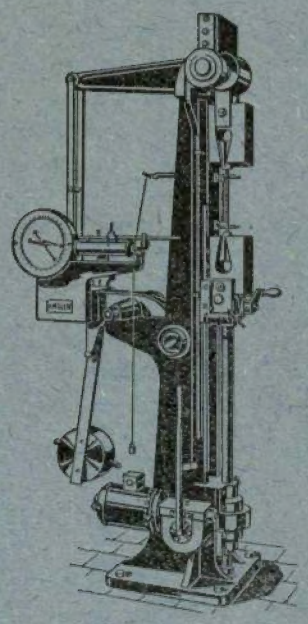
AMSLER

MÁQUINAS PARA ENSAIO DE MATERIAIS
APARELHOS HIDROMÉTRICOS, PLANÍMETROS, ETC.

PRECISÃO **ROBUSTEZ**

COMPROVADAS POR MUITAS CENTENAS DE DISPOSITIVOS

e máquinas de ensaio, para a fabricação e para a construção, espalhados por todo o mundo. Experiência quase centenária



Máquinas de tracção e compressão
» » flexão e torção
» » dureza e fadiga
» » choque (martelos pendulares)
Dinamómetros hidráulicos
Aparelhos para aferir manómetros
Dinamómetros de torção para potências
Prensas para ensaios de cimentos
Máquinas para ensaio de madeiras e materiais de construção
Vagões-dinamómetros
Molinetes e Limnígrafos
Planímetros. Integradores
Dilatómetros industriais

CATÁLOGOS E LISTA DOS COMPRADORES PORTUGUESES À DISPOSIÇÃO DOS INTERESSADOS

Representantes exclusivos para Portugal e Colónias:

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 24314/15 LISBOA

AMSLER
SCHAFFHOUSE

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156 TELEG. EPALDA—LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

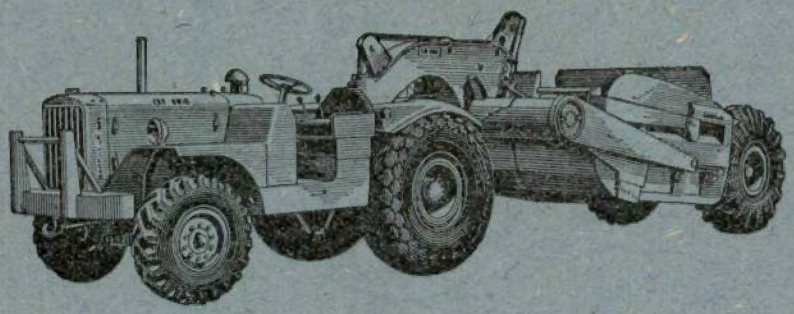
Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º—LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º—PORTO

Agentes em todo o País

"Caterpillar"

NOS TRABALHOS DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS....

NOS TRABALHOS AGRÍCOLAS E EXPLORAÇÕES INDUSTRIAIS....



SÃO AS MÁQUINAS QUE ASSEGURAM O MAIOR RENDIMENTO E ECONOMIA.

5 Modelos de tractores com potências desde 32 a 150 H. P.
MOTORES INDUSTRIAIS, MARÍTIMOS E GRUPOS ELECTROGENEOS

ENTREGAS IMEDIATAS

Consulte os agentes exclusivos em Portugal e Colónias da Africa Ocidental

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47

PORTO LISBOA LUANDA

FORNOS ELÉCTRICOS PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS

Os fornos BIRLEC são usados extensivamente nas importantes indústrias de máquinas e metais em todo o mundo, permitindo um tratamento térmico preciso, uniforme e económico, incluindo: —

Temperar e revenir ferramentas e peças na grande produção.
Recozer chapas, fita, arame, etc., sem oxidação.
Tratamento de alumínio e ligas leves.
Cementar por carburização, cianidização e nitrificação.
Soldar cobre e prata.
Tratamento térmico de lingotes não-ferrosos para laminagem e extrusão.
Aquecimento por indução a alta frequência para todos os fins.

Fornos especiais, tipo transportador para grandes produções

BIRLEC BIRLEC LIMITED

Agentes:

AHLERS, LINDLEY, L.DA

Rua do Ferregial de Baixo, 33-2.º — LISBOA

Telef. 21321/4

Agentes para os fornos eléctricos de fundição:

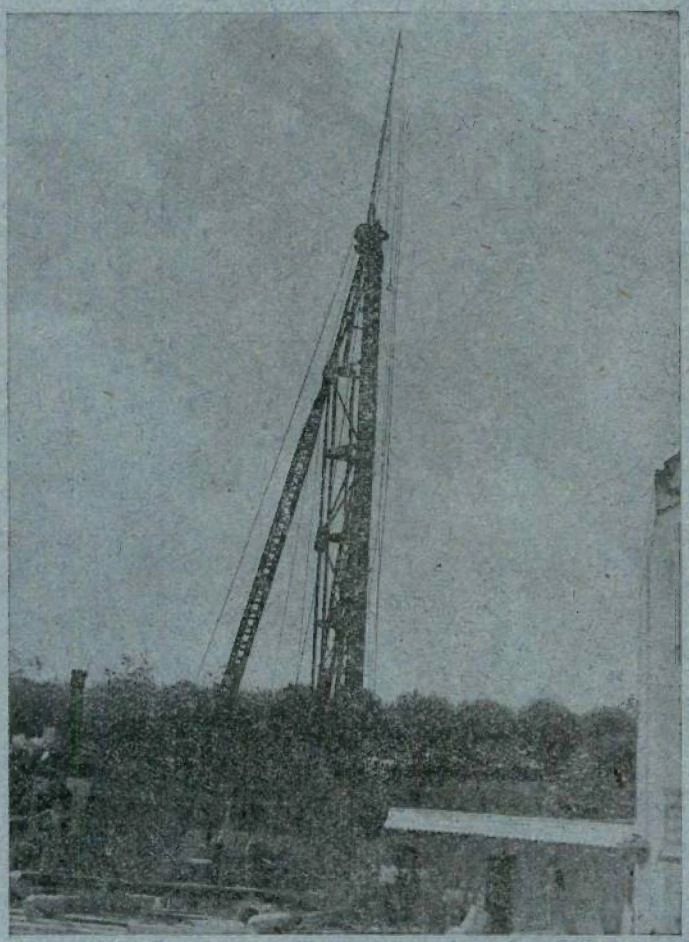
GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA, S. A. R. L.

Rua do Norte, 5 — LISBOA

Telef. 28135/6

Atlas Diesel
ESTOCOLMO
BARRENAS
COM PONTA DE
METAL DURO "COROMANT"
INCOMPARÁVEL RENDIMENTO
MAIOR DURAÇÃO
PARA MINAS, PEDREIRAS, TÚNEIS,
ESTRADAS, CONSTRUÇÃO CIVIL, ETC.
FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS
COMPRESSORES DE AR.
REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:
JAYME DA COSTA, LDA.
LISBOA:
R. DOS CORREEIROS, 8 - 26
PORTO:
P. DA BATALHA, 12 - 12A

FUNDAÇÕES FRANKI



ESTACAS FRANKI

moldadas no terreno por compressão

ESTACAS FORUM

moldadas no terreno por perfuração

ESTACAS MEGA

cravadas por meio de macaco hidráulico

SONDAGENS GEOLÓGICAS

SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA

(SOCOPOL)

Construções Civis — Obras Públicas — Betão Armado

Praça da Alegria, 20 r/c — LISBOA — Telefone 27456

L. M. ERICSSON

STOCKHOLM SUÉCIA

- INSTALAÇÕES TELEFÓNICAS DE TODOS OS SISTEMAS
- SISTEMAS TELEFÓNICOS POR ALTA FREQUÊNCIA
- SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO
- INSTALAÇÕES DE VIGILÂNCIA E DE CONTROLE A DISTÂNCIA
- SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÕES E SONORIZAÇÃO, RECEPTORES
- INSTRUMENTOS DE MEDIDA E CONTADORES ELÉCTRICOS
- PRENSAS HIDRÁULICAS E MÁQUINAS PARA ENSAIO DE MATERIAIS
- CONDENSADORES PARA CORRIGIR O FACTOR DE POTÊNCIA
- MOTORES ELÉCTRICOS
- DIVERSA APARELHAGEM TELEFÓNICA E ELÉCTRICA
- FIOS E CABOS TELEFÓNICOS E ELÉCTRICOS

Agentes Gerais em Portugal:

SOCIEDADE HERRMANN L.DA

Calçada do Lavra, 6 — LISBOA

Telefones { **2 3168** / **2 3169** } **Telegramas: LAVRA**

Oficina de construção e reparação de material telefónico e eléctrico

OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Porto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 21968

Central subterrânea de Innertkirchen (Suíça), equipada com três alternadores Oerlikon, de 52.250 kVA 428 r. p. m., cada um. Estes alternadores verticais são os geradores mais potentes da Suíça

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos completos para centrais termo e hidroeléctricas, subestações e instalações de distribuição. Accionamentos eléctricos especiais para todas as indústrias. Geradores, motores, transformadores, reguladores de indução, comutadores, rectificadores de vapor de mercúrio, equipamentos para soldadura eléctrica por arco. Electrolizadores para a produção de hidrogénio e oxigénio. Aparelhos de manobra e protecção para alta e baixa tensão, reguladores automáticos de tensão, relés, pára-raios. Turbinas de vapor e turbo-geradores, ponte-gruas, compressores. Equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras, veículos diesel-eléctricos, locomotivas de acumuladores, tranvias, troleibus, funiculares e teleféricos, etc.

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

JOSÉ MARIA AVILLEZ
DIRECTOR

ANO XXVI - N.º 203 JUNHO 1950

ARQUITECTOS E ENGENHEIROS

A-propósito da Reorganização do Ensino da Arquitectura

PELO ARQUITECTO PARDAL MONTEIRO
Prof. do I. S. T.

C. D. 62.004.7 : 72

Quis a Direcção da «Técnica» honrar-me com o convite para exprimir a minha opinião acerca da posição de arquitectos e de engenheiros perante os problemas actuais da Arquitectura.

Porque a «Técnica» é obra de estudantes e lida principalmente por estes, é aos meus actuais e antigos alunos do Curso de Engenharia Civil que dedico estas linhas, procurando contribuir com um depoimento desapaixonado para os esclarecer, na parte em que julgo poder fazê-lo, sobre tão momentoso assunto.

O projecto de reorganização do ensino das Belas Artes — e particularmente da Arquitectura — recentemente transformado em Lei por via da sua aprovação na Assembleia Nacional, levantou no espírito de alguns engenheiros civis e, por reflexo, no dos alunos do respectivo curso, dúvidas e apreensões. Estas teriam o seu fundamento num suposto desenvolvimento da cultura técnico-científica dos arquitectos susceptível de provocar não só a concorrência entre estes e os engenheiros civis, como dispensar a intervenção destes na solução de determinados problemas da construção que a obra da Arquitectura envolve.

Não me compete justificar aquela reorganização, porquanto a sua iniciativa pertence ao Governo. Mas não receio afirmar que, seja qual for o carácter da sua futura regulamentação, ela não poderá provocar desvio das atribuições normais dos arquitectos de modo a prejudicar as prerogativas próprias dos engenheiros civis.

Se tal sucedesse — o que só por absurdo se pode admitir — mais do que os engenheiros seriam seguramente os arquitectos quem mais viria a combatê-la. E o combate justificar-se-ia, por um lado, porque a reorganização seria nesse caso inadequada à formação profissional dos arquitectos, e, por outro, porque no campo comum da actividade do Engenheiro e do Arquitecto, este conhece, por larga e dolorosa experiência, o que representa para a dignidade profissional a restrição ou a invasão das atribuições que lhe são peculiares.

Nenhum fundamento aceitável existe para os receios ou apreensões que se têm tão profusamente manifestado. Pelo contrário creio poder afirmar que a reorganização do ensino da Arquitectura virá antes contribuir para fomentar a política da compreensão mútua e de colaboração entre arquitectos e engenheiros.

Tal política é, quanto a mim, a única que poderá conduzir a resultados que dignifiquem ambas as classes e a Nação, e aquela que desde há muitos anos tenho praticado e justificado, com repúdio de toda e qualquer tendência de absorpção, de sobreposição ou de concorrência.

Em defesa da mútua compreensão tive, de resto, já a honra de fazer, em Novembro de 1939, na Ordem dos Engenheiros, uma conferência subordinada ao título «*A Colaboração de Arquitectos e Engenheiros na Arquitectura Moderna*» e, em Outubro passado, em Madrid, a convite do alto organismo espanhol «*Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento*», desenvolvi o mesmo tema perante numerosos engenheiros e arquitectos do país vizinho.

Ainda com o mesmo objectivo fiz, em 13 de Abril deste ano, na Sociedade de Geografia, outra conferência com o título «*Arquitectos e Engenheiros perante os problemas da Arquitectura*.

Não é, portanto, esta a primeira vez que me manifesto sobre este tema de tão alta importância para qualquer das classes, pelo que — e até por falta de tempo — nada de original posso agora dizer e pouco conseguirei acrescentar aos pontos de vista que tenho defendido.

A transcrição que agora faço de algumas passagens dessas conferências talvez não seja suficiente para esclarecer as dúvidas dos futuros engenheiros, mas é a melhor contribuição que desapaixonadamente posso dar com esse objectivo.

* * *

O problema que fundamentalmente interessa resolver é o de saber a que condições será necessário satisfazer para que se consiga realizar a Arquitectura que corresponda convenientemente às necessidades, às possibilidades e às aspirações dos Portugueses.

A importância do problema, de ordem eminentemente nacional e social, exige que o seu estudo se faça com o intuito de servir, acima dos interesses profissionais de engenheiros ou de arquitectos, os superiores interesses da colectividade.

Por isso, antes de tudo, parece-me indispensável que todos tenham segura noção do que seja a Arquitectura; depois, saber que fins ela se propõe atingir e que importância tem no conjunto dos valores que exprimam o nível da civilização portuguesa e, finalmente, conhecer quais os meios de que nos podemos ou devemos servir para a realizar.

Ora, na nossa terra, a noção de Arquitectura, mesmo entre muitos Portugueses conceituados como possuidores de vasta cultura, não é, no geral, nem perfeita, nem exacta.

Enquanto que uns, por exemplo, supõem que a Arquitectura se exprime pelas fachadas ou pelas diversas superfícies aparentes, interiores ou exteriores, dos edifícios, ou que consiste no lado mais expressivo da sua feição decorativa, outros vão um pouco mais longe, julgando que a Arquitectura é o projecto do edifício, com as suas plantas, as suas fachadas e os seus cortes.

Esquecem-se, porém, de reflectir e de considerar que, por exemplo, Arquitectura Grega, Arquitectura Gótica, Arquitectura Manuelina, etc. não são, evidentemente, nem o aspecto decorativo das fachadas das obras gregas, das góticas ou das manuelinas, nem sequer os projectos que teriam servido de base à sua realização, mas sim as obras construídas no período Grego, no período Gótico ou no período Manuelino e, assim, portanto, para todos os estilos, para todas as civilizações e para todas as épocas, inclusive a nossa, sem qualquer excepção.

E, se assim não fosse, estariam os museus, tal como sucede com as obras de Pintura e de Escultura, cheios de projectos de Arquitectura como resultado definitivo das idealizações e criações dos seus autores.

Arquitectura é, na verdade, o todo prèviamente imaginado no espaço, planeado e depois construído em conformidade com essa concepção, por meio da qual se previram e definiram a solução prática e a expressão da harmonia a materializar.

Podemos definir a Arquitectura como *o resultado que se atinge pelas faculdades de conceber e de realizar edificações por meio de arte a construir.*

Quanto aos fins que a Arquitectura se propõe atingir, um é, evidentemente, de ordem útil e prática; outro é de ordem artística, e enquanto que o primeiro coloca o Arquitectura nos domínios da técnica, o segundo confere-lhe, no campo do Espírito, um lugar especial. No entanto, por mais que para muitos ela constitua uma das mais elevadas expressões da Arte, não podemos emparceirá-la rigorosamente com a Pintura, a Escultura, a Música ou a Poesia, artes que no absoluto não visam qualquer interesse.

A obra de Arquitectura, pelo contrário, distingue-se das outras artes precisamente por não se compreender sem uma finalidade útil, que tanto pode ser a habitação, como o templo, o hospital, a escola, o teatro ou o cinema, a fábrica, o escritório, o abrigo, em suma, seja qual for o destino que tiver.

A importância que a obra de Arquitectura pode ter no conjunto dos valores que exprimam o nível da civilização portuguesa consiste, como é compreensível, nas qualidades totais dessa arquitectura, isto é, na lógica da sua concepção, na perfeita e evidente concordância com o seu destino, na pureza e na justeza dos princípios que orientaram a construção, na sensação de agrado ou de simples atracção que a sua expressão plástica provoque no observador, em resumo, no grau em que contribua para o enriquecimento efectivo do património material e espiritual da Nação.

Para realizar a obra de Arquitectura não há outro meio que não seja o da construção.

E se em qualquer tempo nunca se edificou senão tirando todo o proveito da experiência passada e dos conhecimentos de cada época, nos nossos dias, em que uma e outros constituem possibilidades imensas, não é admissível que se construa senão, como é de tradição, tirando todo o partido dos recursos contemporâneos. Por isso me não julgo também fora da verdade, nem da razão, acrescentando que se pretendermos atingir, como é tradicional e lógico, aqueles resultados que a obra de Arquitectura deve forçosamente exprimir, não podemos, sem graves consequências, desprezar nenhuma das contribuições que o saber humano pode dar para esses fins.

Não cometará grande erro quem concluir que a Arquitectura, porque visa a um tempo fins úteis e simultâneamente desinteressados, vive por um lado dos recursos da técnica e aproxima-se por outro das finalidades da Pintura, da Escultura, da Música e da Poesia.

É esta dupla qualidade, que caracteriza a Arquitectura de todos os tempos, que não poderá deixar de se reflectir naquela que se fizer na actualidade, o que exprime precisamente a extensão das responsabilidades dos seus realizadores.

Tentemos agora ver a quem caberá o papel de a criar.

Em Portugal — apenas em Portugal — por circunstâncias únicas no mundo, o pròblema apresenta-se com este aspecto:

Os arquitectos entendem, e disso não fazem segredo, evidentemente, que lhes compete o principal papel. E concluem também que das restrições à sua intervenção profissional nos problemas da Arquitectura resulta o mal que ela em parte reflecte quanto à sua qualidade. Como termo lógico deste modo de ver, consideram que a Nação tiraria maiores proveitos desde que lhes fosse atribuída, como é natural, a função de se ocuparem desses problemas. Ao mesmo tempo reconhecem e manifestam a necessidade da colaboração de engenheiros especializados na solução em profundidade de determinados aspectos

da obra de àrquitectura contemporânea. Todos estes pontos de vista manifestaram no seu 1.º Congresso Nacional de Arquitectura, realizado em Lisboa, em 1948 (1).

Por sua vez, as engenheiros pretendem que, pelo contrário, lhes compete um papel preponderante nos assuntos da Arquitectura, e desse modo de ver também não fazem segredo, conforme o manifestaram no seu 2.º Congresso Nacional, efectuado em 1948, no Porto (2).

Tal manifestação explica outras opiniões, segundo as quais alguns engenheiros acham que o arquitecto não tem, hoje, razão de existir, como realizador de obras arquitecturais, enquanto que outros admitem a sua sobrevivência, limitando, porém, a sua acção, por assim dizer, ao papel de desenhadores de alta categoria, dada a sua especial cultura artística.

Este é, nas grandes linhas, o panorama actual da questão em Portugal e das suas causas resulta — como é natural — certa perturbação na harmonia que entre engenheiros e arquitectos conviria que reinasse

Mas como, acima de tudo, o que interessa é que se realize a obra de Arquitectura que dê satisfação à Sociedade contemporânea, é razoável perguntar: — a quem convirá confiar, no estado actual dos conhecimentos humanos, a realização dessa obra de Arquitectura?

Parece-me que será mais fácil responder à pergunta lançando primeiramente uma vista de olhos pelo panorama geral da Arquitectura, tendo em consideração certas realidades que se não podem desprezar.

Será para isso necessário fazer um pouco de história, sem, no entanto, entrar pròpriamente nos seus domínios.

Durante séculos o homem só dispunha da pedra, da argila, da madeira e, dentro de certos limites, do ferro e do bronze, como materiais de construção próprios para a realização das estruturas; durante esses séculos, as edificações, mesmo as mais audaciosas, resultavam ùnicamente da experiência e do espírito prático dos arquitectos, do seu sentimento de construtores, de certas regras empíricas transmitidas de pais a filhos ou de mestres a discípulos, o que não impediu de se fabricarem as maravilhas que constituem um dos aspectos mais emocionantes do património humano.

Com o desenvolvimento, no período contemporâneo, das ciências puras e aplicadas, não só novos processos e outros materiais de construção foram postos à disposição do

---

(1) Conclusões e votos do 1.º Congresso Nacional de Arquitectura:

Do preâmbulo..... «no que respeita ao estudo e realização dos problemas da Arquitectura e do Urbanismo, *foi posta em evidência a necessidade de estimular a colaboração entre arquitectos, engenheiros* e todos os demais técnicos que devem intervir nestes assuntos.

Das conclusões e votos:

—«Que o estudo dos problemas de Arquitectura seja como é lógico — confiado a arquitectos, e se lhes assegure — como exige a sua dignidade profissional — a assistência e fiscalização das obras que conceberam e projectaram.....»

—«Que sejam confiados a arquitectos, nos Organismos do Estado e nas Autarquias locais do Continente e Ultramar, os Serviços Técnicos que intervenham directamente na elaboração e apreciação dos projectos de Arquitectura».

(2) Votos do Segundo Congresso Nacional de Engenharia, publicados na «Revista da Ordem dos Engenheiros» (n.º 69, de Setembro de 1949):

«A — Conclusões de Teses:

2 — 1 — A direcção de todos os serviços técnicos do Estado e dos corpos administrativos que tenham intervenção em problemas de arquitectura, quer no Continente, quer nas Colónias, só deverá ser confiada a engenheiros».

homem, como também uma prodigiosa produção industrial de elementos de toda a sorte provocou uma verdadeira revolução na arte de edificar, dando aos construtores recursos e possibilidades nunca antes conhecidos, nem comparáveis aos dos tempos mais fecundos na história da arquitectura.

Sobretudo pela acção de técnicos de formação acentuadamente científica, certas características da construção modificaram-se por tal forma que não é hoje possível fazer obra de Arquitectura sem se ter em conta os vastos conhecimentos que exprimem o domínio maravilhoso do homem sobre as matérias e as forças da Natureza.

É este um dos grandes benefícios que a Humanidade deve àqueles homens de espírito prático que, tirando das conclusões científicas e desinteressadas dos sábios, o partido interessado da sua aplicação útil, criaram toda a riqueza dos meios que permitem nos nossos dias fazer uma mais larga distribuição de benefícios.

O progresso das Matemáticas, da Física e da Química, e das suas aplicações ao estudo das propriedades, das transformações e do aproveitamento dos materiais e das forças passaram a atrair os estudiosos dotados de vocação e de engenho para muitos novos campos da técnica e, como era lógico, para o da chamada vulgarmente construção civil.

A indústria metalúrgica, servida por técnicos possuidores de vasta cultura científica, fabrica para a construção novos elementos, que a experiência laboratorial e o estudo das características naturais e adquiridas — e até dos insucessos — leva a aperfeiçoamentos sucessivos até aos nossos dias, elementos por meio dos quais foi possível criar novas estruturas e portanto novas formas para a Arquitectura.

Há precisamente um século surge, por simples intuição, a primeira tentativa ingénua dum processo que, uma vez dominado pelos homens de ciência, viria abrir novos horizontes à construção civil.

Nasceu deste modo a técnica de utilização simultânea do ferro, do cimento, da areia e da pedra, ao que se passou a chamar então correntemente em português «cimento armado», e hoje «betão armado», por não nos termos familiarizado com a denominação talvez mais pura do «concreto armado», adoptada pelos brasileiros.

Impulsionada pelos resultados obtidos, a tal ponto a ciência passou a influir na construção, que hoje até os materiais a que poderíamos chamar clássicos ou tradicionais podem ser utilizados, nuns casos em condições anteriormente desconhecidas e noutros com maior propriedade.

Surgiu assim um novo ramo da técnica, de base científica, que se dedicou à exploração de certos aspectos dos elementos da construção e da sua aplicação orientada no sentido do mais racional e útil aproveitamento da matéria e das suas propriedades, com a consequente repercussão na própria Arquitectura.

De tais características desse novo ramo, no qual pontifica, com toda a autoridade, o Engenheiro, resulta a generalização da tendência não apenas para o aproveitamento das condições de maior resistência e de maior economia de material, mas também do mais expedito e prático processo de aplicação, do mais rápido e barato modo de realização, como meios de melhor satisfazer a certos condicionamentos dos programas do nosso tempo.

Podemos afirmar, sem receio, qne não teriam tido realização, em condições favoráveis, muitas das grandes obras dos nossos dias, algumas das quais, apesar da sua feição utilitária, nos impressionam pela sua excepcional ousadia, e nalguns casos até pela pureza da sua expressão, quando concebidas por homens de alto saber e de grande talento.

Daqueles que desfrutam hoje de algum bem estar e de certas comodidades, que a técnica lhes tem proporcionado, raros são, no entanto, os que reconhecem quanto devem ao Engenheiro que as criou.

Muitos que supõem talvez que nasceram para ser servidos, nem sequer dão conta de que, a par do excepcional alargamento das possibilidades das novas estruturas que

vieram baratear e tornar mais sólidas as construções, quantas outras contribuições devemos à Engenharia, de tanto valor como aquelas. No campo da electricidade, em tantas aplicações, no da higiene e do conforto, com os mais variados processos de saneamento, de aquecimento, de arejamento, de refrigeração, em constante aperfeiçoamento; no da construção das máquinas e dos aparelhos concebidos para darem ao homem melhores condições de vida e mais comodidades, nunca serão demasiado louvados os benefícios que devemos à Engenharia.

Tão vasto é hoje o seu campo de acção e por tal forma intervém na vida moderna, que axiomático é reconhecer ao Engenheiro a alta importância do seu papel e da correspondente categoria social.

Nos domínios da Arquitectura, também o Engenheiro contribui hoje com a sua competência para o bom resultado no estudo em profundidade do lado científico de muitas das partes dos seus problemas. Desde o estudo geológico dos terrenos e dos sistemas mais seguros e económicos de fundações, ao das estruturas activas especiais que, com a necessária suficiência, assegurem em boas condições de estabilidade das edificações, do das aplicações das energias eléctricas e térmicas, até ao do isolamento térmico e antivibrátil, muitos são os problemas que demandam, cada vez mais, a intervenção do Engenheiro na obra da Arquitectura.

É esse o meu modo de ver, largamente confirmado, na prática, em tantas circunstâncias da minha vida. Mas não o consideraria completo se não acrescentasse que me parece que não será impróprio que se diga não se poder atribuir ao Engenheiro, dada a sua formação, a função profissional de conceber construções que exprimem implícita e essencialmente harmonias estéticas ou de ordem sentimental.

E se esta pobre Humanidade, apesar de tão preocupada com problemas angustiosos de ordem material tão absorventes, não perdeu de todo a sensibilidade nem abdicou por completo da aspiração de satisfazer o seu atormentado espírito, talvez não seja também despropositado admitir que não é certamente pelos meios normais e característicos da Engenharia que se conseguirá realizar a obra de Arquitectura — como obra de Arte que, necessàriamente não pode deixar de ser — que dê aos homens precisamente aquelas satisfações de ordem espiritual que ainda desejam usufruir.

É indiscutível que, neste mundo tumultuoso e esfrangalhado pelas dissenções e pela miséria, construir muito, construir barato, construir depressa são necessidades que se não podem esquecer. Mas fazê-lo sem que, na concepção, intervenha o sentimento, poderá conduzir-nos, sem dúvida, à satisfação dum programa materialista, como que imposto por um extremismo positivista visando apenas o utilitário, mas não se dará satisfação nem se dignificará o Homem.

Por isso, quem constrói, hoje, não pode esquecer que não exerce apenas uma profissão que lhe proporcione os meios de subsistência e de maior ou menor desafogo económico, mas desempenha, ao mesmo tempo, um papel de ordem social da mais alta responsabilidade, porque lhe compete não só edificar procurando dar satisfação àquele programa, mas idealizar as construções com beleza, por mais relativa que a noção do belo seja de homem para homem. Realizar Arquitectura é conceber as formas e a conjugação dos elementos úteis do essencial como do acessório no sentido de conseguir, à custa deles e da sua expressão, aquele poder de intenção artística que dê, ainda que com modéstia e singeleza, a esta pobre Humanidade tão atormentada a certeza de que não desapareceu de todo da face da face da Terra aquilo que a compensa do muito que já tem perdido. Apesar do carácter acentuadamente materialista da nossa época, são cada vez mais numerosos aqueles que pensam e sentem que por maiores que sejam os benefícios que o Homem deve à técnica do útil, ele será profundamente infeliz se os problemas do espírito não puderem caber mais no conjunto das suas preocupações.

E penso, não por ser arquitecto mas apenas homem sensível, que será um mal se quem construir procurar ùnicamente atender a objectivos utilitários. A Arquitectura perderá todo o sentido humano se não exprimir alguma coisa mais que nos faça merecer perdão por esse culto bárbaro, mas forçoso, de materialismo e do positivismo, que, bem sabemos, não é simples consequência de caprichos ou de modas, mas de circunstâncias que nos forçam a abdicar em parte da satisfação de outras aspirações.

Porque o Homem tenha hoje que se privar de muitas coisas que lhe tornariam mais agradável a vida, não creio que isso queira dizer que deverá definitivamente riscá-las do rol dos seus ideais.

Pelo contrário, parece que é precisamente quando mais sente a carência daquilo que faria a sua felicidade, que mais tem o dever de lutar por consegui-lo.

É o caso da Arquitectura dos nossos dias, que, não podendo deixar de ser pobre e modesta, e, ao mesmo tempo, de reflectir, pela força das circunstâncias, carácter acentuadamente utilitário, nos obriga por isso a fazer quanto possamos para que não caia ao menos num materialismo meramente racionalista, fastidioso e antihumano.

Essa é a grande tarefa de ordem social que cabe aos técnicos que hoje tenham que resolver os problemas da Arquitectura.

Oportuno me parece portanto perguntar: — Estará o Engenheiro, por natureza, indicado para cabalmente cumprir, inteiramente e sòzinho, tal tarefa?

Parece-me que, apesar da importância inegável da alta e valiosa contribuição que pode dar, seria ir longe demais dizer que sim.

Vejamos agora, com a mesma falta de paixão, até que ponto e em que condições o Arquitecto poderá contribuir para a resolução dos problemas da Arquitectura de modo a dar satisfação às exigências e às aspirações dos homens do nosso tempo.

Estará porventura o Arquitecto à altura de dar satisfação a tão extraordinário programa?

É o que vou tentar apreciar e até que ponto.

Mas para isso parece-me indispensável formular, primeiramente, a noção do que é o Arquitecto, a qual, como sucede com a de Arquitectura, também não é muito exacta entre os Portugueses.

Embora pareça «blague», mas infelizmente não é, para muitos o Arquitecto é um indivíduo que frequentou as Belas-Artes, meio sonhador, com alguma «habilidade» para o desenho, e que costuma, quando se pretende «obra de luxo», fazer uns «bonecos» por meio dos quais exprime as suas ideias e, pobre fantasista, se apresenta com certas pretensões a saber como se deve construir o que projectou.

Ora, salvo o devido respeito por essas pessoas, que demonstram pelo menos muita ignorância, o Arquitecto não é o que elas julgam.

Não vou servir-me da História para explicar as origens do Arquitecto, porque essas são bem conhecidas até daqueles que hoje em Portugal chegam a negar a necessidade da sua existência. Procurarei apenas focar o que se passa pelo Mundo para tentar explicar em que consiste não só a acção profissional do Arquitecto, mas também a sua formação.

Em todos os países, com excepção de Portugal, os problemas de Arquitectura são resolvidos segundo a legislação ou os hábitos respectivos, quer em regime de liberdade profissional, isto é, sem que para esse fim se exija qualquer diploma de habilitação legal para os que exercem a profissão de Arquitecto, quer — e é o caso quase geral — por aqueles indivíduos a quem, depois de terem completado determinados estudos, é concedido um diploma ou o título de Arquitecto.

Raras são, porém, as nações onde o exercício desta profissão não esteja regulamentado. Contudo, mesmo naquelas onde não está, o indivíduo que usa o título de Arquitecto fez pelo menos os estudos basilares suficientes para poder, com mais ou menos eficiência,

exercer a sua profissão. O mesmo acontece de resto nesses países em relação a outras profissões liberais.

O caso mais generalizado é, no entanto, o dos estados que exigem para os seus arquitectos a frequência de cursos constituídos pelas disciplinas necessárias à sua formação profissional, as quais pouco variam de país para país.

Mas tanto nuns como noutros é ao Arquitecto que cabe a responsabilidade legal pelas construções que concebe.

Para a preparação dos arquitectos três correntes se verificam, na Europa: a dos que se formam nas Escolas de Belas-Artes, com os Pintores e os Escultores (é o caso mais clássico da França e de muitas das Nações que recebem ou buscam a influência da cultura francesa, como neste capítulo sucede com Portugal); a dos que se formam em comum com os engenheiros nas Escolas Superiores Técnicas (é o caso da Alemanha e da maioria dos países de língua germânica e da Suíça), e finalmente, a dos que se formam em Escolas destinadas exclusivamente ao ensino da Arquitectura (é o caso da Espanha e da Itália, por exemplo).

Pode-se ainda acrescentar uma quarta corrente, a inglesa, pela qual os estudantes de Arquitectura frequentam escolas particulares, mas oficializadas, mantidas pelas associações de arquitectos, às quais compete conferir o respectivo título ([1]).

No primeiro caso, — Escolas de Belas Artes — o arquitecto recebe, a par de cultura artística desenvolvida, uma vasta preparação técnica e científica que o habilita ao exercício da profissão.

No segundo, — Escolas Superiores Técnicas — o Arquitecto é formado quase juntamente com o Engenheiro Civil e recebe a complementar cultura artística, parte nessas escolas, parte em escolas de Artes.

No terceiro, os alunos adquirem na escola privativa quer a preparação técnico-científica, quer a preparação artística necessárias à sua educação profissional.

Quem deseje formar juízo seguro acerca da formação escolar dos arquitectos, para o que bastará dar-se ao trabalho de conhecer o elenco das disciplinas que constituem, nas escolas de todo o Mundo os cursos de Arquitectura, verificará que por toda a parte se entende que o Arquitecto precisa de ser, para bem desempenhar a sua missão profissional e social, um técnico simultâneamente construtor e artista. Não há exemplo de nenhum país onde o Arquitecto seja ùnicamente um artista profissional que, possuindo umas vagas noções de construção, apenas saiba capazmente desenhar as partes do projecto que exprimam intenção mais ou menos artística, nem onde o arquitecto seja ùnicamente um técnico construtor sem acentuada educação nos domínios das Artes.

Mas nós estamos em Portugal, onde, quanto à acção profissional do Arquitecto, as coisas se passam de modo inteiramente diverso do resto do Mundo, mercê de certos conceitos muito particulares, que, embora errados, têm fácil explicação.

O período que se seguiu às invasões francesas e às chamadas lutas liberais contribuiu muito para a decadência da Arquitectura entre nós. Por um lado, porque o grau de desafogo económico do País decaíu muitíssimo, por outro, porque durante muitas dezenas de anos, em Portugal não se fez, pràticamente, Arquitectura, pelo menos com aquele ritmo que assegurasse a sua tradicional evolução.

Escolas, hospitais, quartéis, serviços públicos, e até residências particulares acomodaram-se nos conventos abandonados pelas ordens religiosas, do que ainda hoje temos por todo o país inúmeras e lamentáveis provas.

Como consequência deste mal, os arquitectos quase deixaram, então, de ter razão de existir em Portugal. Para os casos dos particulares, no geral o Mestre de Obras resolvia

---

([1]) Refiro-me apenas ao carácter das escolas que formam os arquitectos considerados, nos respectivos países, como de maior categoria profissional.

o problema tal como ainda hoje acontece em tantas regiões do território nacional. Para os raros trabalhos oficiais, o estado recorria também por vezes a esses práticos, e, quando muito, colocava à testa das obras os únicos técnicos que então contava nos seus serviços, isto é, os engenheiros, que eram quase sempre militares.

Nos nomeados do século XIX, o Estado procurou remediar a falta de arquitectos começando a enviar para Paris alguns estudantes de Arquitectura, que brilhantemente se diplomaram na sua Escola de Belas-Artes, em concorrência com candidatos de todo o Mundo. Esses foram os Mestres de algumas gerações de arquitectos, que, entretanto, saídos das escolas de Lisboa e do Porto, não encontravam ambiente para aplicarem as suas aptidões, porque entrementes os Portugueses tinham perdido a noção do significado da Arquitectura. Nos departamentos de Obras Públicas de então, alguns raros arquitectos eram admitidos, mas apenas para desempenhar, pràticamente, serviços de simples desenhadores, e a sua categoria era, até há poucos anos, por consequência, e caso único, também, no Mundo, a de meros auxiliares.

Por via de más circunstâncias e do consequente comodismo de adaptação, perdera-se o fio da tradição, com os resultados que se ostentam pelo País a caracterizar esse período infeliz da Arquitectura Nacional.

Deve Portugal ao Engenheiro Duarte Pacheco o ter reconhecido que tão incoerente situação, além de vexatória para os arquitectos, não era conveniente nem sequer honrosa para o Estado, nem para a Nação, o que o levou, como era de justiça, a modificá-la, equiparando Arquitectos e Engenheiros nas mesmas categorias, como primeiro passo para reabilitar a Arquitectura no nosso País.

A Sua Excelência o actual Ministro das Obras Públicas, o ilustre Engenheiro Sr. José Frederico Ulrich, se deve também a primeira promoção de um Arquitecto à categoria de Inspector-Superior de Obras Públicas.

É, porém, infelizmente, um facto que do descalabro da Arquitectura Nacional durante o século XIX e parte já deste e da consequente posição forçada dos arquitectos perante os problemas da Arquitectura resultou formar-se no espírito de muita da nossa gente uma estranha e lamentável mentalidade, que explica tanto as erradas noções nacionais mais generalizadas da Arquitectura e do Arquitecto, como certas posições de alguns perante uma e outros, incompreensíveis em qualquer outro País.

Tão longe, porém, se tinha chegado neste descalabro, cujo maior mal foi o de desabituar o povo português do gosto pela Arquitectura, que até à entrada do Engenheiro Duarte Pacheco para a Câmara Municipal de Lisboa, em Janeiro de 1938, não chegava a atingir *um por cento,* em cada ano, o número de projectos destinados à construção dos prédios de Lisboa que fossem elaborados por arquitectos ([1]).

Lisboa, sobre a qual todo País tem sempre os olhos postos, pronto a imitá-la, deu quase durante um século este lamentável exemplo com a consequente repercussão em todo o território nacional.

Destas realidades, que explicam tanta anomalia, resultaram certos maus hábitos, apenas verificados em Portugal, e a baixa qualidade de Arquitectura que se ostenta lastimosamente pelo País fora nas principais cidades, nas mais importantes artérias de cada uma, arquitectura que nos não honra nem dignifica e levou muitos dos que até há vinte anos nos visitavam a considerarem Portugal, nesse capítulo, — excluída, evidentemente, a Arquitectura do sec. XVIII para trás — como o país de menos interesse de toda a Europa. Estão, de resto, infelizmente, ainda de pé os fundamentos desta dolorosa verdade. Basta percorrer as mais importantes avenidas e certos bairros de Lisboa, para o verificarmos.

([1]) Não se suponha no entanto que actualmente a obra de Arquitectura dos prédios de Lisboa seja inteiramente devida a arquitectos, pois ainda no ano de 1949, nada menos de *quatro quintos* do número de projectos entrados na C. M. L. para prédios novos, são assinados por outros técnicos.

Porque me repugna atraiçoar a verdade, não posso deixar de abrir um parêntese para afirmar que hoje, felizmente, é bem diferente o juízo dos estranhos acerca da qualidade da Arquitectura que se faz em Portugal.

É consolador registar e sentir que de tal facto não resulta apenas honra para os arquitectos portugueses, que, apesar da sua limitada intervenção nos problemas da Arquitectura, têm sabido cumprir o seu dever e demonstrar a sua maturidade, mas tal honra recai principalmente sobre aqueles que criaram e promoveram esta possibilidade redentora.

Lógico é, portanto, que o Governo, perante os exemplos vivos, embora longe de terem atingido o mérito e a perfeição que todos desejamos, tenha reconhecido a oportunidade de adoptar as medidas adequadas para que a Arquitectura que se fizer em Portugal daqui para o futuro seja ainda mais digna, pelo seu valor intrínseco, do esforço da Nação e possa emparceirar com a dos países com que já hoje não receamos em tantos outros campos comparar-nos.

Não procura, evidentemente, atingir outro fim a recente reorganização do ensino das Belas-Artes, que, na parte respeitante ao curso de Arquitectura, provocou tão grande excitação entre alguns engenheiros civis, por errada interpretação dos seus objectivos.

Promover o maior desenvolvimento da cultura geral e preparatória ([1]), estabelecer mais seguro modo de seleccionar os candidatos dotados de vocação artística — qualidade basilar para se seguir tal carreira —, ([2]) melhorar a adaptação das diversas disciplinas à índole particular do curso ([3]) são as características fundamentais dessa projectada reorganização, tendente, como é lógico, — o que já não é pouco — a dar ao Arquitecto melhores condições para bem desempenhar o seu papel de compositor e de criador de Arquitectura.

([1]) Decreto-Lei n.º 36 507, de 17 de Setembro de 1947, (alínea *h*) do artigo 5.º; Decreto-Lei n.º 36 863 de 10 de Maio de 1948, artigo 7.º.

([2]) Base III da Lei aprovada na Assembleia Nacional (1.º ciclo), justificada no preâmbulo da proposta do Governo com as seguintes passagens que esclarecem quanto à futura regulamentação daquela lei:

«No 1.º, (ciclo) de dois anos, cabem os estudos científicos que permitirão ao aluno adaptar-se às possibilidades e às necessidades da construção moderna. A frequência das cadeiras de Matemática, de Física e da Química dará a preparação exigida para o estudo dos materiais de construção, de estabilidade e dos problemas de higiene dos edifícios (aquecimento, ventilação, iluminação e instalações sanitárias).

Simultâneamente com os estudos científicos, a prática do desenho e os estudos de arquitectura analítica, de composição decorativa e de história da arte farão, durante este 1.º ciclo, despertar no espírito do aluno o sentido das proporções e da harmonia das formas plásticas».

([3]) Do preâmbulo da proposta do Governo que deu ocasião à Lei recentemente aprovada na Assembleia Nacional:

«O 2.º ciclo, de três anos, compreenderá o estudo pré-ordenado da técnica de construção. Mas nele se exigirá intensivamente a prática oficinal e o estudo teórico da disciplina fundamental: a Arquitectura.

. . . . . .

Precisamente o que se procura é criar as condições imprescindíveis para que o artista desenvolva livremente o seu espírito criador. É evidente que não o poderá fazer sem dispor de preparação técnica, sem estar de posse dos meios adequados para dar forma à sua imaginação. *Isto quer dizer que ele tem de acompanhar a evolução das ciências e das aplicações destas na medida em que lhe oferecem novas possibilidades de realizar as suas criações.*

. . . . . .

De facto, com o elevar-se a preparação científica e técnica dos futuros arquitectos, não se adere a um conceito puramente utilitário da arquitectura. Ao contrário do que pretende um racionalismo que fez época, a obra arquitectónica não é bela só porque e na medida em que é sólida, cientificamente disposta a capaz de preencher em pleno a sua função. A beleza das formas plásticas não se atinge pela ciência nem se alcança pela razão: é obra de sensibilidade, traduz uma aspiração desinteressada de harmonia, resulta, para dizer tudo, de um acto de criação artística.

. . . . . .

É que, além do mais, o próprio ensino das disciplinas técnicas há-de ser animado por forte preocupação artística».

Não parece razoável pretender que tão claras intenções possam levar alguém, isento de paixão, a admitir a possibilidade da interferência do Arquitecto naquilo que constitui a actividade própria do Engenheiro.

A reorganização exprime, sim, que o Governo teria reconhecido que é preciso assegurar a formação profissional do Arquitecto de modo a que este possa contribuir com a maior eficiência para a boa solução dos problemas da Arquitectura Nacional.

Tal objectivo — ao contrário do que alguns, sem seguro fundamento, recearam — é perfeitamente concordante com o espírito da doutrina da cooperação entre arquitectos e engenheiros.

E, para fechar este parêntese, parece-me justo reconhecer que todas estas medidas oficiais indicam que se começa a corrigir, entre nós — como é razoável — o errado e confuso conceito de Arquitecto que tão injustificadamente se tem persistido em pretender manter.

Resta-nos por consequência averiguar das possibilidades efectivas que o Arquitecto tenha de contribuir para se realizar a qualidade de Arquitectura que corresponda às aspirações dos Portugueses e exprima com elevação o carácter e o nível da nossa civilização.

* * *

Quem tenha convivido com arquitectos tem a noção do modo como estes concebem a sua actuação profissional, aliás muito simples de explicar em toda a sua extensão.

Primeiramente, o Arquitecto procura interpretar o espírito do programa que lhe foi proposto e coordenar todos os dados que haja de considerar no seu estudo; depois de conceber a sua ideia, isto é, de ter previsto o partido que o conduzirá à solução do problema, vai, por estudos sucessivos, definindo nos seus diversos aspectos a disciplina da realização e exprimindo o carácter da composição, as formas do conjunto e do pormenor, as proporções adequadas a cada elemento, ou seja a harmonia do todo e de cada parte, que concretiza finalmente por meio do projecto. Redigidas as memórias e as pormenorizadas descrições e condições de execução dos trabalhos de construção, dos acessórios e dos acabamentos, pelas quais completa o esclarecimento da sua concepção, o Arquitecto só pensa depois em ver erguer o edifício, que nos mais grosseiros elementos do tosco logo começa, para ele, a mostrar o resultado que idealizou.

Esse resultado, que nasceu e tomou forma no seu espírito, não é, como já vimos, o projecto. Este é apenas o meio pelo qual o Arquitecto transmite a outros as suas ideias gerais sobre a função, a ordenação e a escala de cada parte, a harmonia do conjunto e constitui a disciplina a que tanto ele como todos os que na realização intervenham se vão submeter para materializar então a obra da Arquitectura.

É certo que um projecto, embora apenas defina uma disciplina, uma orientação, pode, dentro de certos limites, ser pormenorizado por meio de desenhos e de memórias; mas, como todos sabemos, não se pode tudo detalhar prèviamente sem se correr o risco de nunca mais se conseguir realizar a construção. E quem constrói sabe também que há casos imprevisíveis e outros, embora previstos, que só no decorrer das obras se podem definir com o necessário rigor. E fastidioso é falar daqueles, inevitáveis, que surgem durante a construção, por diversas vias, e implicam sucessivas alterações.

A obra de Arquitectura, precisamente porque é obra de sentimento e não de deduções matemáticas infalíveis, é cheia destas constantes surpresas, para as quais há que encontrar imediata solução, em perfeita concordância com o carácter geral da composição arquitectural.

É por todas estas razões que em todo o Mundo o Arquitecto, o criador dessa harmonia, o que a sente e a sabe interpretar inteiramente, completa a sua missão dirigindo e fiscalizando a execução dos trabalhos até à conclusão da obra de Arquitectura, para que

esta exprima, nos seus diversos aspectos, a tradução integral duma concepção que não é susceptível de ser interpretada, com a necessária unidade, sequer por outro Arquitecto.

E é por isso também que em todo o mundo se reconhece que o Arquitecto, a par do dom natural de conceber e da correspondente cultura artística que lhe permita criar harmonias plásticas, tem que possuir paralelamente conhecimento suficiente das ciências puras e das suas aplicações, bem como das técnicas que o habilitem a servir-se delas com propriedade e conveniência ao empregar as suas faculdades de compositor. É, de resto, evidente que se o Arquitecto não souber, por exemplo, dentro de que limites pode contar com os diversos materiais ou com determinados processos de construção, se ignorar até que ponto certas estruturas ou as várias instalações acessórias são susceptíveis de ser utilizadas, com bom resultado para cada caso, em harmonia com o carácter que o conjunto deve exprimir, não está apto a exercer cabalmente a sua profissão nem, por consequência, a cumprir a missão social que lhe compete.

Parece, pois, fora de dúvida que o Arquitecto não é nem pode ser apenas um perito do desenho, exclusivamente artista, ignorante do modo como deverá tirar partido dos diversos aspectos particulares das técnicas que tenham cabimento e influência na obra de Arquitectura.

Mas, acrescento, o facto de não dever ser ignorante poderá levar-nos a admitir que o conhecimento atinja tal desenvolvimento que o leve a dispensar ou a supor-se capaz de dispensar, por exemplo, a colaboração dos engenheiros especialistas para o estudo em profundidade dos problemas que, em todo o mundo, a estes técnicos são hoje — como é lógico — confiados?

Não tenho nenhum receio de afirmar que se o ensino da Arquitectura viesse a ser feito algum dia em Portugal de modo a permití-lo — o que é absolutamente contrário às aspirações dos arquitectos — tal ensino poderia formar toda a espécie de técnicos menos os arquitectos de que o País necessita.

Que o País precisa de dar boa preparação aos seus arquitectos, é fora de dúvida; que essa preparação só será proveitosa desde que abranja todas as matérias e conhecimentos indispensáveis para habilitá-los com os meios de serem bons compositores, criadores e realizadores de boa arquitectura, também me parece certo; que boa arquitectura só se pode considerar aquela que, satisfazendo inteiramente a todas as condições determinadas pelo seu destino e pelas possibilidades económicas e técnicas, exprima pelas suas qualidades o índice da nossa civilização, também me parece exacto.

Mas admitir que, com o pretexto de se atingirem tais objectivos, se criariam condições diametralmente opostas àquelas de que os arquitectos hoje com tanto fundamento se queixam, seria tão absurdo e condenável, senão pretencioso e ilógico, como a inversa de supor que o Arquitecto possa ser substituído por qualquer outro técnico no campo da Arquitectura.

O respeito e a admiração que dedico aos engenheiros portugueses pelo seu valor profissional e social cujas demonstrações abundam em tantos sectores da vida portuguesa, a lealdade com que sempre retribuíram a minha, e, neste caso particular, o carinho que dedico aos meus alunos, são circunstâncias que muito contam no meu espírito e me obrigam a fazer uma confissão que julgo fundamental e útil para destruir quaisquer dúvidas e conduzir a um perfeito entendimento entre engenheiros e arquitectos, se uns e outros, como eu, sinceramente o desejam.

É a de que o Arquitecto, como técnico, seja qual for a sua preparação, não vive os problemas de construção do mesmo modo que o Engenheiro, o que me parece suficiente para demonstrar que nunca poderá pretender absorvê-lo, nem ser seu concorrente.

O Arquitecto, na sua vida profissional, ao estudar a Arquitectura, considerada no seu conceito exacto, decerto em virtude daquela sensibilidade que o fez seguir uma carreira de feição artística, vive em constante vibração.

Enquanto interpreta um programa e trabalha, e luta pelo esclarecimento da ideia que há-de dar satisfação às exigências totais do seu problema, o Arquitecto vive dias e dias de sofrimento e de alegrias; passa por fases de desespero e de júbilo até definir completamente a sua concepção; ora se atormenta ora se sente feliz enquanto acompanha a sua obra, vigiando e esclarecendo a interpretação, e vive intensamente períodos de receio e de confiança ao vê-la erguer e tomar forma.

Quer dizer: o Arquitecto, o artista construtor, vive a sua criação no que ela tem (talvez só para ele) de mais emocionante, de mais absorvente e de mais dramático, desde a concepção à realização.

Em contrapartida, o Arquitecto já não sentiria nenhum prazer, nenhuma emoção, nenhuma alegria nem entusiasmo, se, após a conclusão dos seus estudos, tivesse que se sentar a uma secretária a encher cadernos de cálculos, aplicando fórmulas, desenvolvendo deduções matemáticas, para explorar o sentido e chegar a conclusões exactas sobre os problemas de verificação das estruturas especiais, da mais conveniente distribuição de cada circuito das variadíssimas instalações eléctricas, das sucessivas secções das condutas por meio das quais se transportará a cada local com os graus higrométricos e de temperatura necessários o ar que se deva respirar, do poder de radiação de cada aparelho ou de cada sistema de aquecimento ou de arrefecimento, ou do número de decibéis que haverá que absorver em determinados locais da construção.

Nenhum destes problemas — aliás da mais alta importância na Arquitectura de hoje — interessa sob esse aspecto a qualquer arquitecto mas em contrapartida, estes mesmos são susceptíveis de apaixonar, por sua vez, aqueles técnicos que lhes hão-de dar a mais perfeita e rigorosa solução, ou sejam os engenheiros especialistas, e quem sabe se, um dia, um único Engenheiro cuja especialidade venha a ser precisamente a que abranja todos aqueles aspectos técnicos da construção civil.

É esta a principal razão que faz com que o Engenheiro, cuja acção profissional se estende a muitos outros campos fora da Arquitectura, seja no entanto, hoje, em todo o Mundo, o colaborador número um do Arquitecto, pois dado o carácter essencialmente científico da sua preparação profissional, é o mais competente para resolver em profundidade, do modo mais conveniente e mais útil, com o mesmo entusiasmo e a mesma confiança postos pelo Arquitecto no estudo dos seus problemas, de conjunto e de harmonia, aqueles casos especiais que se solucionam principalmente por meio das matemáticas e da física aplicadas, cuja influência, na obra da Arquitectura, nem engenheiros nem arquitectos têm o direito de desconhecer ou de desvirtuar.

Do que fica exposto julgo que algumas conclusões se podem tirar: — A primeira é a de que o Arquitecto, sendo essencialmente um compositor, é um construtor artista que não pode ser ignorante das técnicas e das suas possibilidades, sem o que as suas cencepções nunca poderão corresponder inteiramente aos altos objectivos que deve sempre procurar atingir;

— A segunda — resultante daquela — é a de que é forçoso que o arquitecto possua, nesse caso, com o desenvolvimento apropriado à índole da sua missão, todos os conhecimentos que o habilitem a resolver convenientemente a sua parte nos problemas de Arquitectura;

A terceira é a de que o Arquitecto, para bem poder definir a sua composição e defendê-la durante a realização, tem diante de si uma tarefa tão exaustiva que não pode deixar de recorrer à colaboração de engenheiros especialistas, para que os problemas da Arquitectura possam ser resolvidos em toda a sua extensão.

Também se não deixará de concluir que, por sua vez, também o Engenheiro não consegue sózinho dar conta daqueles problemas, mas pode fornecer para o seu bom resultado uma larga e vantajosa contribuição.

Pelo que, nesse caso, parece também razoável concluir ainda que, tendo o Engenheiro que intervir nos problemas de Arquitectura, com o estudo em profundidade de certas partes que contam em larga escala no conjunto arquitectural, deverá, por seu lado, conhecer da Arquitectura e do seu valor cultural e social pelo menos o suficiente para que possa colaborar com eficiência de modo a concorrer com a sua especial competência para o resultado que exprima aquele valor.

E se não esquecermos que a Arquitectura, como a Música, é obra de composição, todos compreendemos, sem dificuldade, que pode o compositor, o criador da harmonia, não saber tocar determinados instrumentos, mas não se concebe que não conheça as possibilidades de cada um e a escala em que poderá participar na sua composição. E essas possibilidades, se em determinadas ocasiões terão que ser aproveitadas no máximo, quantas vezes, para se assegurar a harmonia, apenas podem ser utilizadas em limites muito abaixo da capacidade absoluta de cada instrumento.

Ao arquitecto, artista da composição, técnico da ideia geral, autor da disciplina e da harmonia do conjunto, basta-lhe, e já não é pouco, ter a noção exacta da contribuição útil de cada especialidade. E ter a noção não é o mesmo que conhecer profundamente. Esse conhecimento profundo é para o especialista, que, como solista, pode ser até um «virtuose», superior em valor absoluto ao próprio chefe da orquestra, mas que, perante as exigências da «partitura» — neste caso a concepção do arquitecto —, há-de procurar, respeitando a ideia geral, a solução justa e perfeita, no que tiver de relativa, para o seu problema parcelar.

A perfeita noção da Arquitectura, dos seus objectivos e do seu valor só podem conduzir ao reconhecimento da necessidade da colaboração de arquitectos e de engenheiros.

Por isso, aceitando, sem falsa humildade, a mais modesta posição na fileira daqueles que lutam desinteressadamente pela dignificação da técnica e da cultura portuguesas, de que a Arquitectura, como reza a Tradição, é um reflexo e uma síntese, tenho defendido desde há muitos anos a doutrina da cooperação, da colaboração e do perfeito entendimento entre engenheiros e arquitectos, por estar convencido de que esta doutrina é a única que, no campo da Arquitectura, no qual uns e outros têm funções igualmente úteis e bem distintas, poderá contribuir para aquela dignificação.

E creio que se engenheiros e arquitectos se decidirem, sinceramente, sem paixão, nem preocupações de injustificada hierarquia, de exclusivismo, de absorpção ou de sobreposição, a colocar acima dos interesses próprios, aliás sempre compatíveis, os da colectividade, considerando-se fraternalmente como constituindo um binário que actue no bom sentido, poderão aspirar à realização duma obra que os dignifique, dê satisfação à nossa gente e honre a Nossa Terra.

ATELIERS NEYRET-BEYLIER & PICCARD-PICTET

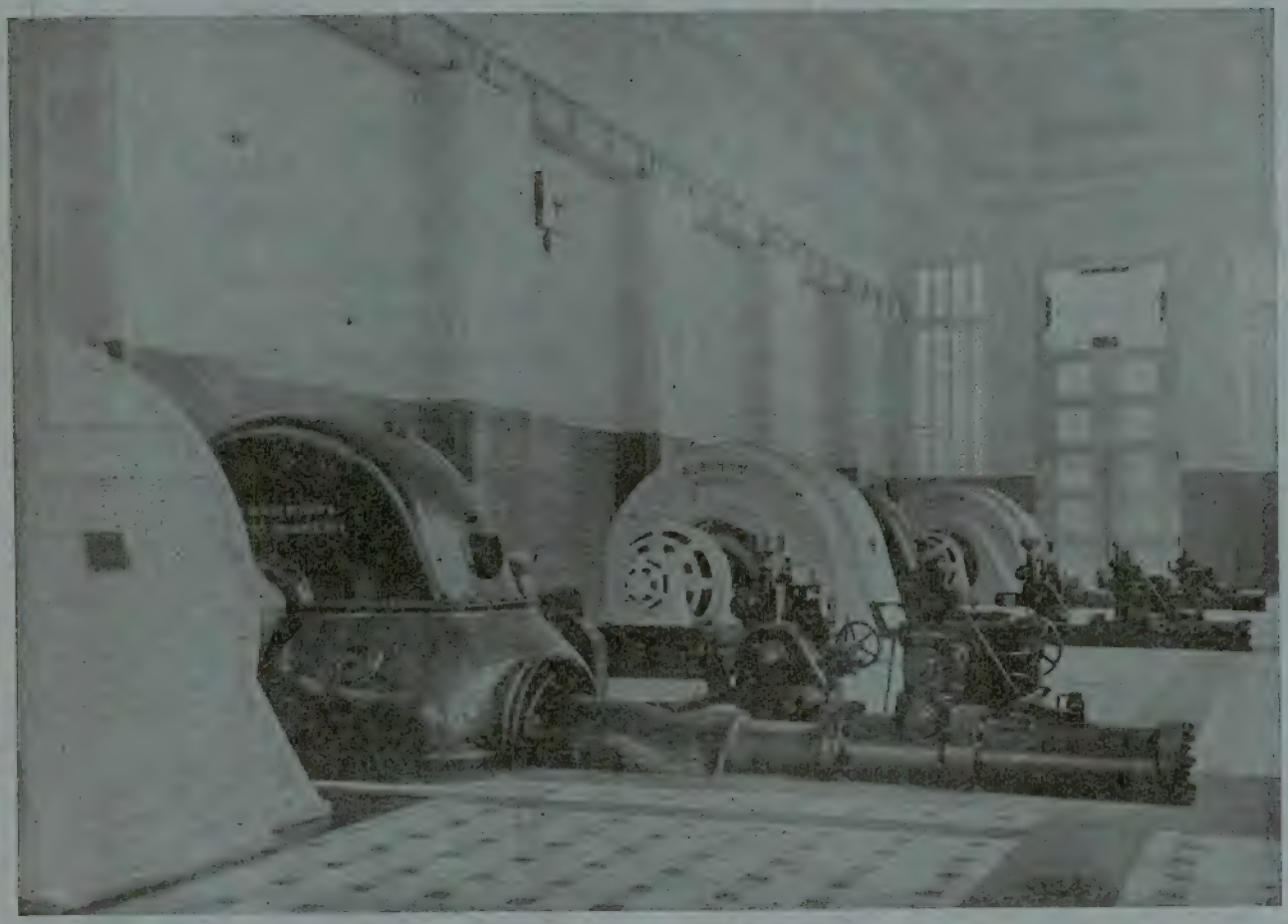
GRENOBLE

LABORATÓRIO DE ENSAIOS HIDRÁULICOS

EQUIPAMENTOS DE QUEDAS DE ÁGUA

HIDRÁULICA AGRÍCOLA — REGA

EQUIPAMENTOS DAS GRANDES BARRAGENS



Central de «BISSORTE»

3 turbinas **"PELTON"** de 40.000 CV, s/1.130 m.

EM PORTUGAL:

LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA
NA AMADORA

"NEYRPIC"

R. Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho

AMADORA Telef. VENDA NOVA 48

Fábrica de Tintas de Sacavém
S. A. R. L.

PRODUTOS
DYRUP

TINTAS e VERNIZES

TIPO AMERICANO

SACAVÉM — PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105
LISBOA 42651 42156

Companhia União Fabril
Sede: Rua do Comercio, 49
LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval
(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

Os efeitos da desoxidação pelo silício durante a sangria do aço

POR AGOSTINHO BARGONE
Prof. do I. S. T.

C. D. 669.18

Numa nota anterior [1], foi tratado o problema da desoxidação do aço, com referência à possibilidade de que nesta operação tomasse ou não tomasse parte uma determinada reacção.

Nessa ocasião, assinalámos que a desoxidação podia ser levada a efeito, em muitos casos, com a adição de ferro-silício durante a sangria ou, directamente, na colher.

Note-se porém, que este modo de proceder só se usa na fabricação de aços comuns (no caso específico da fabricação no forno Martin-Siemens básico) e tem por fim obter, além de uma boa desoxidação, um melhor rendimento de ferro-silício [2]; com efeito, se o ferro-silício fosse adicionado no forno a um banho fortemente oxidado em quantidade superior à necessária para a redução do óxido de ferro presente, oxidava-se ainda a parte necessária para reduzir o novo óxido de ferro que, dada a atmosfera oxidante, se estaria reformando a par e passo, imediatamente a seguir à adição do ferro-liga e no momento da sangria.

Daqui resulta portanto que seriam necessários maiores quantidades de ferro-silício para que aparecesse presente, depois da solidificação, uma concentração ao redor de $0{,}20 \div 0{,}30\,\%$, concentração esta que indica que o banho está suficientemente desoxidado.

Ora, nas marchas de fabricação de aços comuns no forno Martin-Siemens com alta concentração de manganés na carga ($2{,}5 \div 2{,}8\,\%$), não fazendo nenhuma escorificação e mantendo a escória nìtidamente básica com o fim de obter uma relativa desulfuração e desfosforação, é possível verificar que, se as adições de ferro-silício são executadas durante a fase da sangria, se nota, por efeito redutor do silício, um aumento da concentração do manganés, em relação à que estava presente antes daquelas adições.

Com efeito, como se pode observar nos dois diagramas das figuras 1 e 2, referentes à fase de desoxidação e de sangria, a concentração do manganés no banho metálico, que depois da adição de 70 kg de ferro manganés a $76\,\%$ de Mn, para a sangria B, resultou respectivamente de 0,63 e de $0{,}52\,\%$ (o rendimento de ferro-manganés é, em média, de $80\,\%$), atinge, depois da adição de 150 kg de ferro-silício, 0,83 e $0{,}72\,\%$ sem que no entanto se fizessem novas adições de manganés no referido período.

Se este efeito pode ser fàcilmente explicado, no seu aspecto qualitativo, por meio das equações de reacção:

$$(1)\ Mn + FeO \rightleftarrows MnO + Fe$$
$$(2)\ {}_2FeO + Si \rightleftarrows SiO_2 + {}_2Fe$$
$$(3)\ {}_2MnO + Si \rightleftarrows SiO_2 + {}_2Mn$$

---

[1] «Técnica» n.º 199, Fevereiro 1950.

[2] Por rendimento de uma adição entende-se a relação entre a concentração do metal desoxidante no banho depois da adição, deduzida da concentração do mesmo elemento presente no banho antes da adição e o quantitativo adicionado com o ferro-liga.

como devidos à redução por parte do silício de uma fracção da concentração total do MnO presente na escória, bem diferente se apresenta o problema quando se pretende uma verificação quantitativa, isto é, verificar se os valores obtidos na prática de fabricação correspondem àqueles que podem ser obtidos pelo cálculo, fazendo uso das relações físico-químicas referentes ao processo. Ou seja, confirmar por via teórica que efectivamente o processo segue o caminho que nós indicámos.

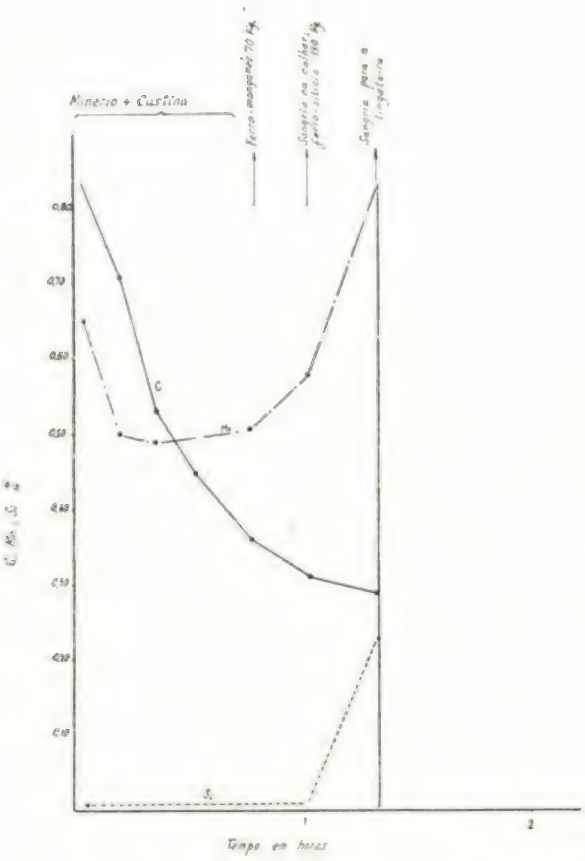


Diagrama de marcha (sangria n.º 1)

Análise da carga	C 1,18 Mn 2,55 Si 0,69
Análise da sangria	C 0,29 Mn 0,82 Si 0,02
Análise do banho fundido . .	C 0,83 Mn 0,85 Si 0,02
Carga metálica	kg 30130
Minério	» 500 (80 % (Ee_2O_3)
Castina	» 2500

Fig. 1

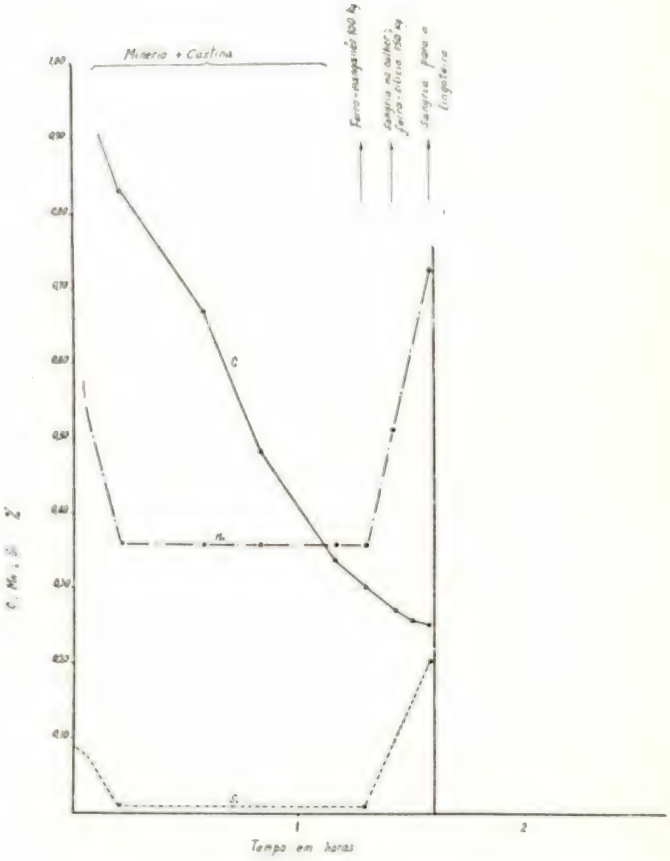


Diagrama de marcha (sangria n.º 2)

Análise da carga	C 1,96 Mn 2,80 Si 0,9
Análise da sangria . . .	C 0,25 Mn 0,72 Si 0,20
Análise do banho fundido	C 0,83 Mn 0,36 Si vestígios
Carga metálica	kg 301,90
Minério	» 1600 (60 % Fe_2O_3)
Castina	» 2500

Fig. 2

Com efeito, o problema não pode ser resolvido apenas por via estequiométrica, porque as reacções de oxidação são incompletas e são influenciadas pelo estado físico das espécies moleculares e, por outro lado, é necessário considerá-las coexistentes.

O assunto já fez parte de um nosso trabalho precedente ([3]), mas parece-nos oportuno tomá-lo de novo em consideração, porque contém, além de um problema termoquímico, um problema económico de produção.

Admitindo que todas as reacções no processo de fabricação conduzem a um estado de equilíbrio, que se pode não considerar a reacção de descarburação (a qual, com efeito, cessa logo após a adição do desoxidante), que a acção da fase gasosa é pràticamente despresável, que o peso da escória produzida antes e depois da desoxidação atinge um valor quase constante e que o oxigénio total do sistema em reacção se mantém também constante, a resolução do problema pode ser obtida por intermédio das relações de equilíbrio referentes às reacções (1) e (2):

$$(4)\qquad \begin{aligned} &\frac{[Mn\,O]\,(Fe\,O)}{(Mn\,O)} = K_{Mn} \\ &\frac{[Si]\,(Fe\,O)^2}{(Si\,O_2)} = K_{Si} \end{aligned}$$

isto é, na resolução do seguinte sistema, deduzido de (4):

$$(5)\qquad \begin{aligned} &\frac{[Si\ fin.]\,(Fe\,O\,in. - \Delta\,Fe\,O)^2}{(Si\,O_2\,in. + \Delta\,Si\,O_2)} = K_{Si} \\ &\frac{[Mn\,O\ fin.]\,(Fe\,O\,in. - \Delta\,Fe\,O)}{(Mn\,O\,in. + \Delta\,Mn\,O)} = K_{Si} \end{aligned}$$

onde ΔMnO, ΔFeO, ΔSiO_2, representam as variações de concentrações activas (MnO), (FeO), (SiO_2) da escória, entre o estado inicial (isto é, antes das adições de ferro-manganês e de ferro-silício) e o estado final (depois da adição).

Agora é necessário ter presente que o sistema de equações acima não fica assim determinado, porque as reacções não têm lugar em uma única fase, mas sim no sistema banho metálico-escória; portanto, é preciso que juntamente com os equilíbrios determinados pelas duas equações do sistema (4) sejam satisfeitas as equações de dissociação dos componentes da escória e que são analìticamente representadas pelas seguintes relações:

$$(6)\qquad \begin{cases} \dfrac{(Mn\,O)^2\,(Si\,O_2)}{(Mn\,O)^2\,(Si\,O_2)} = D_{(Mn\,O)_2\,(Si\,O)_2} \\[2ex] \dfrac{(Ca\,O)\,(Si\,O_2)}{(Ca\,O.\,Si\,O_2)} = D_{(Ca\,O.\,Si\,O_2)} \\[2ex] \dfrac{(Ca\,O)^3\,(Fe\,O)^4}{(Ca\,O)_3\,.\,(Fe\,O)_4} = K_{(Ca\,O)\,Si\,O_2)} \\[2ex] \dfrac{(Si\,O)_2\,(Fe\,O)^2}{(Fe\,O)_2\,.\,(Si\,O_2)} = D_{Fe/Si\,O_2} \\[2ex] \Sigma\,Fe = 0{,}78\,(Fe\,O) + \dfrac{(Fe\,O)^3\,(Si\,O_2)}{1{,}82\,D_{(Fe\,O)_2\,\cdot\,(Si\,O_2)}} + \dfrac{(Ca\,O)^3\,(Fe\,O)^4}{2{,}38\,K_{Fe/Ca\,O}} \\[2ex] \Sigma\,Mn\,O = (Mn\,O) + \dfrac{(Mn\,O)^2\,(Si\,O_2)}{1{,}42\,D\,(Mn\,O)_2\,.\,(Si\,O_2)} \end{cases}$$

([3]) A. Bargone — F. Castagneri — Atti Reale Istituto Veneto di Scienze. Lettere ed arti Anno Académico 1939-40 — Parte II.ª

que são as condições de equilíbrio do conjunto da escória, sendo D e K as constantes de dissociação; as duas últimas equações são equações de balanço da escória em espécies totais e livres.

Isto conduz como fàcilmente se vê a um sistema pràticamente impossível de tratar sob o ponto de vista matemático; portanto, é preciso recorrer a uma outra relação que conduza com as duas equações do sistema (4) a um sistema de três equações a três incógnitas.

Esta terceira equação pode ser encontrada se se considerar que o oxigénio total do sistema banho metálico-escória é pràticamente constante no estado inicial e no estado final.

Se agora indicarmos:

1) por α, β, γ, a relação em peso entre as espécies FeO, MnO, SiO e o oxigénio, ou seja, se puzermos

$$\frac{FeO}{O_2} = \alpha \qquad \frac{MnO}{O_2} = \beta \qquad \frac{SiO_2}{O_2} = \gamma$$

2) por P o peso da escória e por p o do banho de aço e se tivermos presente que no banho de aço o oxigénio está pràticamente presente apenas como [FeO], a relação é a seguinte:

$$P\beta\,(\Delta\Sigma MnO) + P\gamma\,(\Delta\Sigma SiO_2) - P\gamma\,(\Delta\Sigma FeO) = p\alpha\,[FeO]$$

onde os parêntesis curvos representam a concentração das espécies na escória e os parêntesis rectos representam a concentração no banho metálico.

Tendo então presente que pela lei da repartição entre o óxido de ferro do banho e o da escória se deve verificar a relação

$$\frac{[FeO]}{(FeO)} = L$$

e que portanto se pode admitir

$$\frac{[\Delta FeO]}{(\Delta FeO)} = L$$

a equação anterior pode escrever-se

$$P\beta\,(\Sigma\Delta MnO) + P\gamma\,(\Sigma\Delta SiO_2) - P\alpha\,(\Sigma\Delta FeO) = p\alpha L\,(\Delta FeO)$$

referindo assim o sistema apenas às espécies presentes na escória.

Pode-se também admitir que as variações dos óxidos como espécies livres (concentrações activas) sejam proporcionais às variações das concentrações totais e, assim

$$\frac{\Delta\Sigma XO}{(\Delta XO)} = K$$

onde com X O se indica um óxido genérico.

Por outro lado, as constantes K_1, K_2, K_3

$$\frac{\Delta\Sigma FeO}{(\Delta FeO)} = K_1 \quad \frac{\Delta\Sigma MnO}{(\Delta MnO)} = K_2 \quad \frac{\Delta\Sigma SiO_2}{(\Delta SiO_2)} = K_3$$

podem ser encontradas, nos seus valores numéricos, por intermédio dos diagramas construídos com os dados de Shenck (4) e referentes, para uma dada composição da escória, aos valores das espécies livres presentes em função da espécie total (cf. fig. 3).

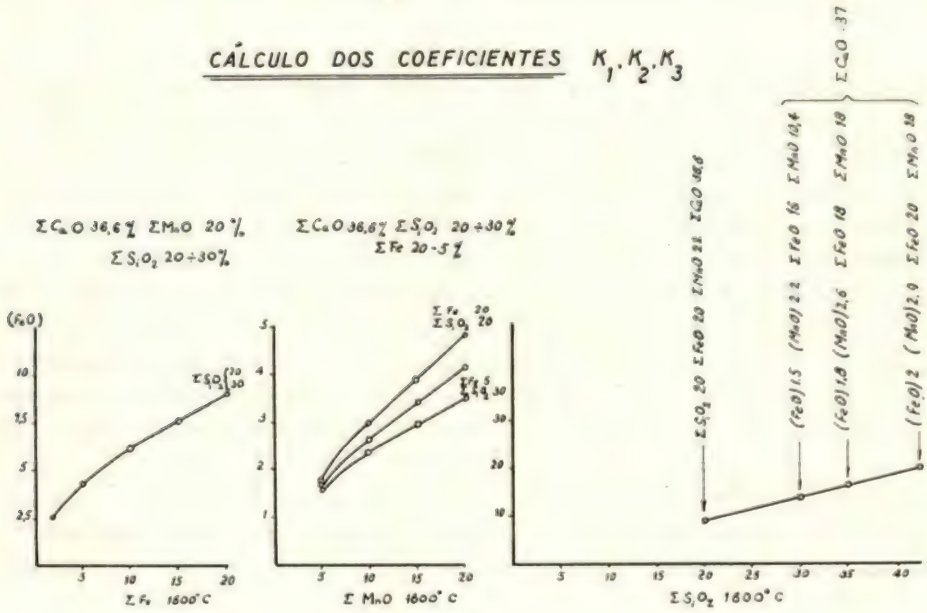
---

(4) H. Schenk — Physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse — Parte II^a — Springer — Berlin.

A expressão anterior pode então tomar a forma seguinte:

$$P\beta K_2 (\Delta MnO) + P\gamma K_3 (\Delta SiO_2) - P\alpha K_1 (\Delta FeO) - p\alpha L (\Delta FeO) = 0$$

transformando assim na equação todas as espécies totais em espécies livres.



$K_1 = 3{,}7$ $K_2 = 6{,}25$ $K_3 = 1{,}25$

Fig. 3

Fazendo

$$K_2\beta = \beta' \quad K_3\gamma = \gamma' \quad K_1\alpha = \alpha'$$

e dividindo pelo peso P da escória a expressão anterior toma a nova forma

$$\beta' (\Delta MnO) + \gamma' (\Delta SiO_2) - \alpha' (\Delta FeO) - \frac{p}{P} \alpha L (\Delta FeO) = 0$$

e fazendo

$$\frac{p}{P} \alpha = \eta$$

obtém-se

$$(7) \qquad -(\alpha + L\eta)(\Delta FeO) + \beta'(\Delta MnO) + \gamma'(\Delta SiO_2) = 0$$

que é a forma definitiva da expressão procurada.

O sistema toma agora a forma:

$$(8) \qquad \begin{cases} \dfrac{[Mn\ fin.]\ (FeO\ in. - \Delta FeO)}{(MnO\ in. + \Delta MnO)} = K_{Mn} \\[2ex] \dfrac{[Si\ fin.]\ (FeO\ in. - \Delta FeO)^2}{(SiO_2\ in. + \Delta SiO_2)} = K_{Si} \\[2ex] -(\alpha' + L\eta)(\Delta FeO) + \beta'(\Delta MnO) + \gamma'(\Delta SiO_2) = 0 \end{cases}$$

Eliminando (ΔMnO) entre a primeira e a última equação e (ΔSiO_2) entre a primeira e a segunda, chega-se a uma equação do 2.º grau em (ΔFeO):

$$(9)\quad \left[\frac{K_{Mn}\gamma'}{\beta' K_{Si}} \text{Si fin.}\right](\Delta FeO)^2 + \left\{\left[2\,(FeO)\,\text{Si fin.}\,\frac{K_{Mn}\gamma'}{\beta' K_{Si}} + \frac{K_{Mn}}{\beta'}(\alpha' + L\,n) + \text{Mn fin.}\right]\Delta FeO\right\} -$$

$$-\left[K_{Mn}\,(MnO) - \text{Mn fin.}\,(FeO) - \frac{K_{Mn}\gamma'}{\beta' K_{Si}}\,\text{Si fin.}\,(FeO)^2 + SiO_2\,\frac{K_{Mn}\gamma'}{\beta'}\right] = 0$$

Resolvendo em relação a ΔFeO e substituindo o seu valor nas duas primeiras equações do sistema, obtém-se as expressões de ΔSiO_2 que nos dão a resolução do problema.

Com efeito, o valor de ΔMnO aparece negativo, o que significa, no cálculo numérico, que deve ser subtraído do que já existe na escória, indicando assim que se deve ter uma redução do óxido de manganês contido na escória por efeito do silício que se juntou, com subsequente passagem do manganês metálico da escória para o banho.

Encontrada assim a expressão que conduz à resolução do problema, tomaremos em consideração o período de desoxidação das duas sangrias cujos diagramas de marcha são representados nas figuras 1 e 2, tendo presente que foram executadas as seguintes operações:

a) a adição de ferro-manganês foi feita no forno, cerca de 15 minutos antes da sangria.

b) a adição de ferro-silício foi feita no canal de sangria durante a sangria para a colher.

c) a escória da colher é menos de $^1/_5$ da escória total, porque é costume retirar-se uma certa quantidade da própria colher e antes da sangria seguinte para a lingoteira, de modo a evitar, dada a grande basicidade da escória, a corrosão do revestimento ácido da colher.

Aplicando o que se encontrou antes, temos: —

Para a 1.ª sangria

análise da escória antes da desoxidação:

$$\Sigma\, FeO = 18\,\%;\ \Sigma\, CaO = 36\,\%;\ \Sigma\, SiO_2 = 15\,\%;\ \Sigma\, MnO = 18\,\%$$

a que correspondem para uma temperatura de 1600°C. as seguintes espécies livres:

$$(FeO) = 6{,}6\,\%\ (CaO) = 22{,}5\,\%;\ (SiO_2) = 3{,}7\,\%;\ (MnO) = 5\,\%$$

valores estes encontrados fazendo uso das tabelas de Shenck [4], e da relação do mesmo autor

$$\Sigma\, MnO = (MnO) + \frac{(MnO)^2\,(SiO_2)}{1{,}42\,D\,(MnO)_2\,SiO_2}$$

Substituindo os valores da equação (9) e tendo presente que α', β', γ', têm respectivamente os valores calculados fazendo uso dos diagramas da fig. 4

$$\alpha' = 0{,}8325;\ \beta' = 1{,}4;\ \gamma' = 0{,}666$$

sendo, então:

$$K_1 = 3{,}7;\ K_2 = 6{,}25;\ K_3 = 1{,}25$$

tem-se, resolvendo

$$\Delta\, FeO = 4{,}9$$

---

(4) H. Shenck — loc. cit.

e substituindo este valor nas equações primeira e segunda do sistema (8), obtém-se:

$$\Delta\ MnO = 2{,}3$$
$$\Delta\ SiO_2 = 11{,}9$$

e sendo ainda:

$$\Delta\ \Sigma\ MnO = K_2 .\ \Delta\ MnO$$
$$\Delta\ \Sigma\ SiO_2 = K_3\ \Delta\ SiO_2$$

obtém-se:

$$\Delta\ \Sigma\ MnO = 6{,}25 \times 2{,}3 = 14{,}5\ \%$$
$$\Delta\ \Sigma\ SiO_2 = 1{,}25 \times 11{,}9 = 14{,}4\ \%$$

o que significa que, para um peso de escória de ~ 1000 kg devem ser reduzidos 145 kg de MnO, correspondentes a 110 kg de manganés metálico que passa no banho.

Para a segunda sangria temos, por sua vez:

— análise da escória antes da desoxidação:

$$\Sigma\ FeO = 20{,}45\ \%;\ \Sigma\ CaO = 36{,}6\ \%;\ \Sigma\ SiO_2 = 19\ \%;$$
$$\Sigma\ MnO = 22\ \%$$

a que correspondem as seguintes concentrações de espécies livres:

$$(F\ e\ O) = 6\ \%;\ (CaO) = 22{,}2\ \%;$$
$$(MnO) = 5{,}2\ \%;\ (SiO_2) = 4{,}4\ \%$$

com igual procedimento, encontra-se:

$$\Delta\ Fe\ O = 5{,}25$$
$$\Delta\ Mn\ O = 2{,}70$$
$$\Delta\ Si\ O = 12{,}6$$

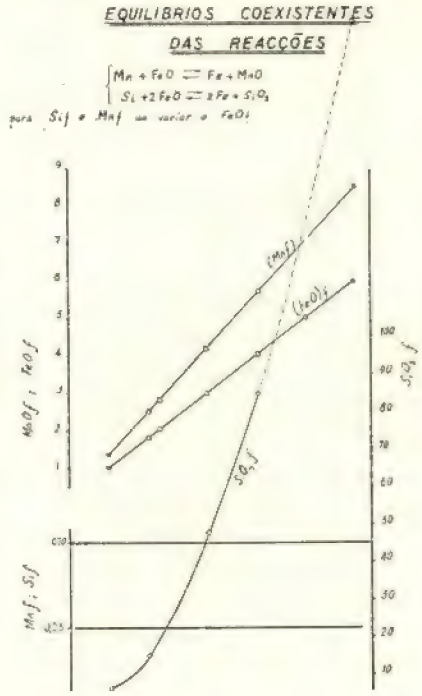


Fig. 4

para os quais, as espécies livres depois das adições resultam

$$(F\ e\ O) = 1{,}75\ \%;\ (MnO) = 2{,}5\ \%;\ (SiO_2) = 17\ \%$$

e

$$\Delta\ \Sigma\ SiO_2 = 15{,}75;\ \Delta\ \Sigma\ MnO = 16{,}9\ \%$$

Se existe algum afastamento entre os valores calculados e os que se obtêm na prática, referentes ao quantitativo de manganés redutor da escória e que passou ao banho metálico e se se tem presente que:

a) A desoxidação do banho de aço operada pelo ferro-silício, sendo a adição desta ferroliga executada directamente no aço é mais forte e precede a redução operada na escória pela mesma ferroliga.

b) a queda de temperatura na colher é muito rápida e portanto por esse efeito as reacções param antes de atingir os valores de equilíbrio dados pelo cálculo.

c) que tanto a concentração das espécies presentes no banho de aço e na escória, como a do ferroliga deduzidos da análise química não são constantes, deduz-se que os valores numéricos dados pelo cálculo podem-se considerar pràticamente válidos, com boa aproximação.

Agradeço ao meu aluno Sr. Vítor Pinto Pinheiro a sua valiosa colaboração e a tradução do texto em língua portuguesa.

Estudo do circuito oscilante com bobina de núcleo de ferro saturado em regime forçado

PELO ENG.º ELECT. (I. S. T.) MANUEL JOSÉ DE ABREU FARO
Assistente do I. S. T.

(Continuação)

C. D. 538.551.2

13 — Regime forçado do circuito oscilante. Caso geral.

Vamos considerar o caso geral do circuito ser constituído por uma resistência, capacidade e bobina em série. Supomos que a resistência tem um valor R e que é constante.

As equações referentes ao circuito serão, em valores instantâneos:

$$\frac{d\varphi}{dt} + R\,i + \int \frac{i\,dt}{c} = e_k \qquad (1)$$

$$i = a\,\varphi + b\,\varphi^5 \qquad (2)$$

Supomos ainda:

$$e_k = E_k \operatorname{sen}(\omega t + \delta)$$

Fazendo:

$$\omega t = u$$

$$\alpha = \frac{a}{\omega^2 c} \qquad \beta = \frac{b}{\omega^2 c}$$

$$\varepsilon = R\,\omega\,c$$

$$\Phi_k = -\frac{E_k}{\omega}$$

e eliminando i entre (1) (2) obtemos a equação:

$$\frac{d^2\varphi}{du^2} + \varepsilon \frac{d}{du}(\alpha\varphi + \beta\varphi^5) + \alpha\varphi + \beta\varphi^5 = -\Phi_k \cos(u + \delta) \qquad (44)$$

a qual admitirá pelas considerações anteriormente feitas um integral particular da forma:

$$\varphi = \sum_n x'_n \operatorname{sen} n u + \sum_n y'_n \cos n u \quad n = 1, 3\ldots \qquad (45)$$

Consideremos a expressão de φ^5. Será agora:

$$\varphi^5 = \sum_n {}^5X_{n\varepsilon} \operatorname{sen} n u + \sum_n {}^5Y_{n\varepsilon} \cos n u \qquad (46)$$

Atendendo a estas expressões teremos:

$$\frac{d^2\varphi}{du^2} = -\sum_n n^2 x'_n \operatorname{sen} n u - \sum_n n^2 y'_n \cos n u \qquad (47)$$

$$\alpha\varphi + \beta\varphi^5 = \sum_n (\alpha x'_n + \beta\,{}^5X_{n\varepsilon}) \operatorname{sen} n u + \sum_n (\alpha y'_n + \beta\,{}^5Y_{n\varepsilon}) \cos n u \qquad (48)$$

$$\frac{d}{du}(\alpha\varphi + \beta\varphi^5) = -\sum_n n\,(\alpha y'_n + \beta\,{}^5Y_{n\varepsilon}) \operatorname{sen} n u + \sum_n n\,(\alpha x'_n + \beta\,{}^5X_{n\varepsilon}) \cos n u \qquad (49)$$

Introduzindo estas expressões em (44) obtemos finalmente 2 n equações que nos definem x'_n, y'_n:

$$\begin{cases} -x'_1 - \varepsilon(\alpha y'_1 + \beta\,{}^5Y_{1\varepsilon}) + (\alpha x'_1 + \beta\,{}^5X_{1\varepsilon}) = \Phi_k \operatorname{sen}\delta & (50) \\ -y'_1 + \varepsilon(\alpha x'_1 + \beta\,{}^5X_{1\varepsilon}) + (\alpha y'_1 + \beta\,{}^5Y_{1\varepsilon}) = -\Phi_k \cos\delta & (51) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -n^2 x'_n - n\,\varepsilon(\alpha y'_n + \beta\,{}^5Y_{n\varepsilon}) + (\alpha x'_n + \beta\,{}^5X_{n\varepsilon}) = 0 & (52) \\ -n^2 y'_n + n\,\varepsilon(\alpha x'_n + \beta\,{}^5X_{n\varepsilon}) + (\alpha y'_n + \beta\,{}^5Y_{n\varepsilon}) = 0 & (53) \\ n = 3, 5\ldots\ldots \end{cases}$$

A fim de tornar mais cómoda a resolução das equações consideradas vamos dar a φ

outra forma. É evidente que poderemos sempre escolher δ de modo que um dos coeficientes x'_n, y'_n seja nulo; vamos pois arbitrar $y'_1 = 0$ e deste modo a expressão de φ será, desprezando as harmónicas de ordem superior à terceira:

$$\varphi = x'_1 \operatorname{sen} u + x'_3 \operatorname{sen} 3u + y'_3 \cos 3u$$

ou ainda:

$$\varphi = x_1 \operatorname{sen} u + x_3 \operatorname{sen} (3u + \delta_3)$$

em que

$$x'_1 = x_1$$
$$x'_3 = x_3 \cos \delta_3$$
$$y'_3 = x_3 \operatorname{sen} \delta_3$$

Chamando p_3 a $\frac{x_3}{x_1}$

Poderemos finalmente escrever

$$\varphi = x_1 \operatorname{sen} u + p_3 x_1 \cos \delta_3 \operatorname{sen} 3u + p_3 x_1 \operatorname{sen} \delta_3 \cos 3u \qquad (54)$$

Será esta a expressão de φ que utilizaremos no cálculo de ${}^5X_{n\varepsilon}$ e ${}^5Y_{n\varepsilon}$.

Vamos pois calcular estas expressões para $n = 1$ e 3, desprezando-se no seu cálculo as potências de p_3 de ordem superior à primeira. Isto equivale a escrever-se para φ^5:

$$\varphi^5 = x_1^5 \operatorname{sen}^5 u + 5 x_1^5 p_3 (\cos \delta_3 \operatorname{sen} 3u + \operatorname{sen} \delta_3 \cos 3u) \operatorname{sen}^4 u$$

Atendendo a que

$$\operatorname{sen}^5 u = \frac{10}{16} \operatorname{sen} u - \frac{5}{16} \operatorname{sen} 3u + \frac{1}{16} \operatorname{sen} 5u$$

$$\operatorname{sen}^4 u \operatorname{sen} 3u = -\frac{5}{16} \operatorname{sen} u + \frac{6}{16} \operatorname{sen} 3u - \frac{4}{16} \operatorname{sen} 5u + \frac{1}{16} \operatorname{sen} 7u$$

$$\operatorname{sen}^4 u \cos 3u = -\frac{3}{16} \cos u + \frac{6}{16} \cos 3u - \frac{4}{16} \cos 5u + \frac{1}{16} \cos 7u$$

é fácil obter-se para ${}^5X_{1\varepsilon}$, ${}^5Y_{1\varepsilon}$, ${}^5X_{3\varepsilon}$, ${}^5Y_{3\varepsilon}$ as expressões:

$${}^5X_{1\varepsilon} = \frac{10}{16} x_1^5 - \frac{25}{16} x_1^5 p_3 \cos \delta_3 \qquad (55)$$

$${}^5Y_{1\varepsilon} = -\frac{15}{16} x_1^5 p_3 \operatorname{sen} \delta_3 \qquad (56)$$

$${}^5X_{3\varepsilon} = -\frac{5}{16} x_1^5 + \frac{30}{16} x_1^5 p_3 \cos \delta_3 \qquad (57)$$

$${}^5Y_{3\varepsilon} = \frac{30}{16} x_1^5 p_3 \operatorname{sen} \delta_3 \qquad (58)$$

Substituindo estas expressões em (50) .... (53) obtemos finalmente as equações fundamentais:

$$(\alpha - 1) x_1 + \frac{10\beta}{16} x_1^5 (1 - 2{,}5\, p_3 \cos \delta_3 + 1{,}5 \,.\, \varepsilon \,.\, p_3 \operatorname{sen} \delta_3) = \Phi_k \operatorname{sen} \delta \qquad (59)$$

$$\varepsilon \,.\, \alpha x_1 + \varepsilon \,.\, \frac{10\beta}{16} x_1^5 (1 - 2{,}5\, p_3 \cos \delta_3 - 1{,}5 \,.\, \frac{1}{\varepsilon} p_3 \operatorname{sen} \delta_3) = -\Phi_k \cos \delta \qquad (60)$$

$$(\alpha - 9 + 6\lambda)\, p_3 \cos \delta_3 - 3\varepsilon (\alpha + 6\lambda)\, p_3 \operatorname{sen} \delta_3 - \lambda = 0 \qquad (61)$$

$$3\varepsilon (\alpha + 6\lambda)\, p_3 \cos \delta_3 + (\alpha - 9 + 6\lambda)\, p_3 \operatorname{sen} \delta_3 - 3\varepsilon \lambda = 0 \qquad (62)$$

Em que se fez $\frac{5\beta}{16} x_1^4 = \lambda$

As equações (61) (62) permitem-nos obter p_3 e δ_3 em função de x_1

As equações (59) (60) permitem-nos por intermédio de (61) (62) obter um sistema que nos define x_1 e δ como funções de Φ_k.

Tal como no caso sem resistência teremos dois problemas; ou se dá Φ_k e se pretende x_1, δ, p_3, δ_3 ou se dão valores a x_1 e obtemos uma característica $\Phi_k = f(x_1)$ correspondente a um dado ε, o que nos permite resolver indirectamente o primeiro problema.

Este último procedimento é o único que é viável pois a resolução do sistema (59)... (62) é muito complicada.

Começamos portanto por obter as expres-

sões de p_3 e δ_3 em função de λ ou seja de x_1 pois $\lambda = \frac{5\beta}{16} x_1^4$

Determinação de p_3 e δ_3

De (61) (62) obtemos para p_3 a expressão

$$p_3 = -\frac{\lambda \cdot \sqrt{(1+9\varepsilon^2)}}{\sqrt{(9-\alpha-6\lambda)^2 + 9\varepsilon^2(\alpha+6\lambda)^2}} \quad (63)$$

Convencionando-se que p_3 seja sempre negativo.

Das mesmas equações obtemos:

$$\cos\delta_3 = -\frac{(9-\alpha-6\lambda) - 9\varepsilon^2(\alpha+6\lambda)}{(9-\alpha-6\lambda)^2 + 9\varepsilon^2(\alpha+6\lambda)^2} \cdot \frac{\lambda}{p_3} \quad (64)$$

$$\operatorname{sen}\delta_3 = \frac{-27\varepsilon}{(9-\alpha-6\lambda)^2 + 9\varepsilon^2(\alpha+6\lambda)^2} \cdot \frac{\lambda}{p_3} \quad (65)$$

$$\operatorname{tg}\delta_3 = \frac{27\varepsilon}{(9-\alpha-6\lambda) - 9\varepsilon^2(\alpha+6\lambda)} \quad (66)$$

Ou ainda as expressões mais simples e equivalentes.

$$\cos\delta_3 = -\frac{p_3}{\lambda} \cdot \frac{9-(1+9\varepsilon^2)(\alpha+6\lambda)}{1+9\varepsilon^2} \quad (67)$$

$$\operatorname{sen}\delta_3 = -\frac{p_3}{\lambda} \cdot \frac{27\varepsilon}{1+9\varepsilon^2} \quad (68)$$

$$\operatorname{tg}\delta_3 = \frac{27\varepsilon}{9-(1+9\varepsilon^2)(\alpha+6\lambda)} \quad (69)$$

Obtivemos deste modo:

$$p_3 = f(\lambda, \varepsilon, \alpha)$$

$$(\operatorname{sen}\delta_3, \cos\delta_3, \operatorname{tg}\delta_3) = f(\lambda, \varepsilon, \alpha)$$

Se quizermos portanto obter uma característica $\Phi_k = f(x_1)$ não teremos mais do que:

a) Calcular

$$\alpha = \frac{a}{\omega^2 c} \quad \beta = \frac{b}{\omega^2 c} \quad \varepsilon = R\,\omega\,c$$

b) Calcular para x_1 $\lambda = \frac{5\beta}{16} x_1^4$

c) Calcular $\operatorname{sen}\delta_3$ $\cos\delta_3$

d) Substituíndo os valores calculados em (59) (60) obtemos respectivamente ($\Phi_k \operatorname{sen}\delta$) ($\Phi_k \cos\delta$), o que nos permite determinar $\Phi_k = -\frac{E_k}{\omega}$ e ainda $\operatorname{tg}\delta$ e portanto δ.

* * *

Para nos orientar sobre a natureza das características $\Phi_k = f(x_1)$ convem discutir as soluções de (59)... (62) o que faremos discutindo as soluções do sistema:

$$(\alpha-1)\,x_1 + \frac{10\beta}{16} x_1^5 = \Phi_k \operatorname{sen}\delta \quad (59')$$

$$\varepsilon\,\alpha\,x_1 + \varepsilon\,\frac{10\beta}{16} x_1^5 = -\Phi_k \cos\delta \quad (60')$$

que se obtem do sistema (59) (60) desprezando os termos em $p_3 \operatorname{sen}\delta_3$ e $p_3 \cos\delta_3$.

As soluções deste sistema, x_1' e δ', são vizinhas das soluções x_1, δ, do sistema (59)...(62) desde que se considere ε pequeno; podendo aqui fazer-se uma discussão semelhante à que se fez no caso sem resistência onde se consideraram as equações (30'') (30') cujas soluções limitavam as soluções x_1 de (30).

Deste modo a discussão de (59') (60') terá a vantagem de nos elucidar sobre a natureza das soluções definindo-nos uma característica $\Phi_k = f(x_1')$ vizinha da característica $\Phi_k = f(x_1)$.

Discussão do sistema (59') (60')

Consideremos de novo as equações (59') (60'):

$$(\alpha-1)\,x_1 + \frac{10\beta}{16} x_1^5 = \Phi_k \operatorname{sen}\delta \quad (59')$$

$$\varepsilon\,\alpha\,x_1 + \varepsilon \cdot \frac{10}{16}\beta\,x_1^5 = -\Phi_k \cos\delta \quad (60')$$

Quadrando e somando obtemos:

$$\left[(\alpha-1)\,x_1 + \frac{10\beta}{16} x_1^5\right]^2 + \varepsilon^2\left[\alpha\,x_1 + \frac{10}{16}\beta\,x_1^5\right]^2 = \Phi_k^2 \quad (70)$$

Fazendo $x_1^4 = X$ podemos escrever (70) sob a forma:

$$\left[\alpha - 1 + \frac{10\,\beta}{16}\,X\right]^2 + \varepsilon^2\left[\alpha + \frac{10\,\beta}{16}\,X\right]^2 = \frac{\Phi_k^2}{\sqrt{X}} \qquad (71)$$

Dividindo membro a membro (59') (60') obtemos:

$$\operatorname{tg}\delta = -\frac{(\alpha - 1) + \frac{10\,\beta}{16}\,X}{\varepsilon\left[\alpha + \frac{10\,\beta}{16}\,X\right]} \qquad (72)$$

Discutamos gráficamente a equação (71).

* * *

As soluções de (71) serão as abcissas dos pontos de intersecção das funções:

$$y = \frac{\Phi_k^2}{\sqrt{X}} \qquad (73)$$

$$y_P = \left[\alpha - 1 + \frac{10\,\beta}{16}\,X\right]^2 + \varepsilon^2\left[\alpha + \frac{10\,\beta}{16}\,X\right]^2 \qquad (74)$$

(74) representa uma parábola que se pode decompor na soma de duas funções que são também parábolas:

$$y_{P_0} = \left[\alpha - 1 + \frac{10\,\beta}{16}\,X\right]^2$$

$$y_{P_\varepsilon} = \varepsilon^2\left[\alpha + \frac{10\,\beta}{16}\,X\right]^2$$

y_P reduz-se a y_{P_0} no caso de ser $R = 0 \rightarrow \varepsilon = 0$.

Consideremos a fig. (11) onde está traçada a parábola y_{P_0} e uma família de parábolas y_P correspondentes a diversos valores de ε. Traçou-se ainda uma família de curvas $y = \frac{\Phi_k^2}{\sqrt{X}}$ para diversos valores de Φ_k.

A parábola y_{P_0} é tangente ao eixo dos $\overline{XX}$ no ponto:

$$X_{OT} = \frac{(1 - \alpha)\,16}{10\,\beta} \qquad (75)$$

Concluindo-se imediatamente que a condição de existência de soluções múltiplas para $\varepsilon = 0$ é ser $X_{OT} > 0$ ou seja $(1 - \alpha) > 0$ condição a que já tínhamos chegado anteriormente.

Consideremos agora uma determinada parábola y_{P_0} correspondente a $(1 - \alpha) > 0$ e ainda as parábolas y_{P_ε}.

Estas parábolas, y_{P_ε}, são tangentes ao eixo dos $\overline{XX}$ no ponto $X_{\varepsilon T} = -\frac{16\,\alpha}{10\,\beta}$ sendo portanto $X_{\varepsilon T} < 0$

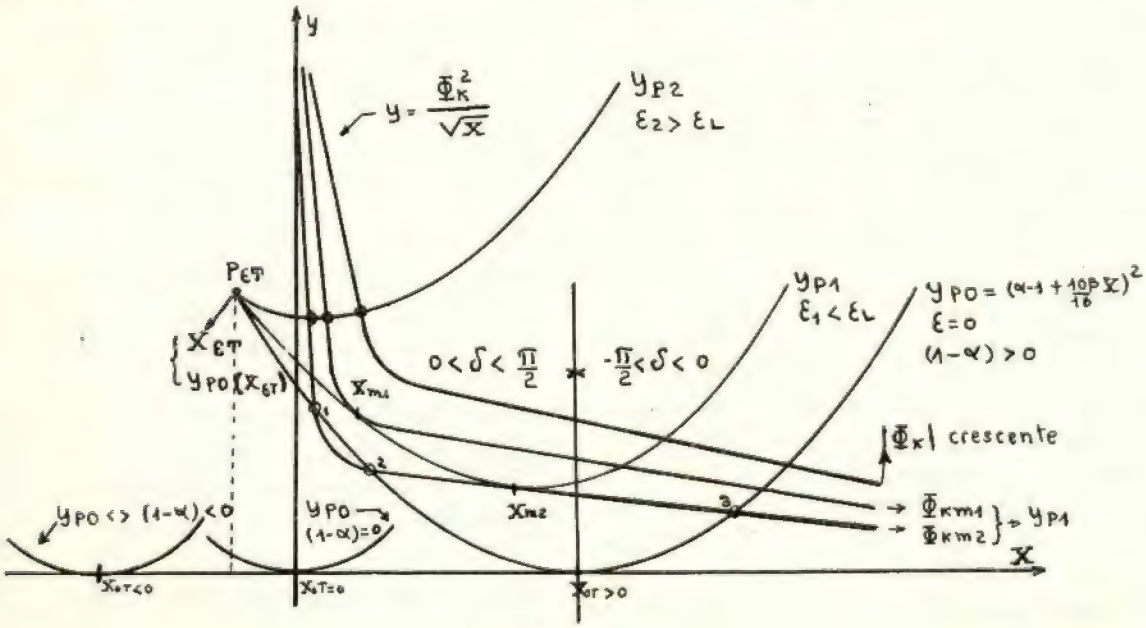


Fig. 11

As parábolas soma, y_P, deslocam o seu vértice à medida que ε aumenta, no sentido dos X decrescentes e y crescentes, passando todas pelo ponto correspondente à abcissa $X_{\varepsilon T}$. e ordenada $y_{P\,o}(X_{\varepsilon T})$.

Na discussão que vamos fazer supomos que as variações de ε são devidas apenas a variações de R mantendo-se C e ω constantes; sendo, como se definiu, $\varepsilon = R\,\omega\,c$.

* * *

Consideremos agora duas parábolas y_{P1} y_{P2} (fig. 11) correspondentes respectivamente a ε_1, ε_2 em que $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ e portanto $R_1 < R_2$.

Verifica-se imediatamente que existem dois valores de Φ_k, Φ_{km1} e Φ_{km2}, para os quais as curvas representadas por:

$$y = \frac{\Phi_k^2}{\sqrt{X}}$$

são tangentes num ponto à parábola y_{P1}; sejam X_{m1} e X_{m2} as abcissas dos pontos de tangência.

Para Φ_k tal que:

$$|\Phi_{km2}| < |\Phi_k| < |\Phi_{km1}|$$

a parábola y_{P1} será intersectada em três pontos.

Para $|\Phi_k| < |\Phi_{km2}|$ ou $|\Phi_k| > |\Phi_{km1}|$ a parábola só será intersectada num ponto.

Por outro lado verifica-se que à medida que ε cresce as parábolas evoluem de modo que existirão parábolas, do tipo y_{P2}, que são intersectadas para qualquer valor de Φ_k num único ponto.

Devendo existir um valor ε_L a que corresponde R_L que separa os dois tipos, y_{P1} y_{P2}, de parábolas considerados.

Sendo fácil ainda concluir-se que à medida que ε tende para ε_L, por valores crescentes, os intervalos definidos por (X_{m1}, X_{m2}) (Φ_{km1}, Φ_{km2}) tendem para zero; correspondendo a ε_L $X_{m1} = X_{m2} = X_L$ e $\Phi_{km1} = \Phi_{km2} = \Phi_{kL}$.

Vamos agora fazer a determinação da lei de variação (Φ_{km1}, X_{m1}) e (Φ_{km2}, X_{m2}) com ε

* * *

Lei de variação de Φ_{km1} Φ_{km2} com ε

É fácil concluir-se que Φ_{km1} e Φ_{km2} correspondem a pontos de estacionaridade da característica:

$$|\Phi_k| = f(x_1)$$

correspondendo a $|\Phi_{km1}|$ um máximo e a $|\Phi_{km2}|$ um mínimo.

Deste modo podemos determinar x_{1m1} x_{1m2} correspondentes a X_{m1} e X_{m2} derivando e egualando a zero a expressão de Φ_k definida por (70).

Obtendo-se a seguinte equação:

$$\left[\alpha - 1 + \frac{10\beta}{16} x_1^4\right]\left[\alpha - 1 + \frac{50\beta}{16} x_1^4\right] + \varepsilon^2\left[\alpha + \frac{10\beta}{16} x_1^4\right]\left[\alpha + \frac{50\beta}{16} x_1^4\right] = 0$$

a qual se pode escrever sob a forma:

$$\left[\alpha - 1 + \frac{10\beta}{16} X\right]\left[\alpha - 1 + \frac{50\beta}{16} X\right] + \varepsilon^2\left[\alpha + \frac{10\beta}{16} X\right]\left[\alpha + \frac{50\beta}{16} X\right] = 0 \qquad (76)$$

ou ainda

$$20\,(1+\varepsilon^2)\,\lambda^2 + 12\,[\alpha(1+\varepsilon^2) - 1]\,\lambda + (1+\varepsilon^2)\,\alpha^2 - 2\,\alpha + 1 = 0 \qquad (77)$$

em que

$$\lambda = \frac{5\beta}{16} x_1^4 = \frac{5\beta}{16} X$$

Equação que nos dá para cada ε e portanto cada R duas raízes que são λ_{m1}, λ_{m2} correspondentes respectivamente a X_{m1} e X_{m2}.

O valor de ε_L, correspondente à resistência limite R_L, obtem-se impondo a condição de ser $\lambda_{m1} = \lambda_{m2}$ ou seja egualando a zero o discriminante da equação (77).

Obtendo-se

$$\varepsilon^2_L = \frac{(8\alpha + 5) - \sqrt{(8\alpha+5)^2 - 144\,\alpha^2}}{8\,\alpha^2} - 1 \qquad (78)$$

* * *

Da equação (77) tiramos

$$\varepsilon^2 = -\frac{(\alpha + 2\lambda - 1)\,(\alpha + 10\lambda - 1)}{(\alpha + 2\lambda)\,(\alpha + 10\lambda)} \qquad (79)$$

Donde se conclui imediatamente que para $\varepsilon = 0$ será

$$\lambda = \frac{1-\alpha}{2} \quad <> \quad x_1^4 = \frac{(1-\alpha)\,16}{10\beta} = X_{OT}$$

ou

$$\lambda = \frac{1-\alpha}{10} \quad <> \quad x_1^4 = \frac{(1-\alpha)\,16}{50\beta}$$

Se atendermos à equação (30') do caso sem resistência:

$$\Phi_k = x_1(\alpha - 1) + \frac{10\beta}{16}\,x_1^5 \qquad (30')$$

Vê-se imediatamente que a 1.ª solução corresponde à solução $(x'_1)_0$ para $\Phi_k = 0$, enquanto que a segunda corresponde à solução x'_{1m} correspondente a Φ'_{km}.

Deste modo se conclui que para $R = 0$

$$\Phi_{km1} = \Phi_{km} <> x'_{1m} <> X_m = (X_{1m})_{\varepsilon=0}$$

$$\Phi_{km2} = 0 <> (x'_1)_0 <> X_{OT} = (X_{2m})_{\varepsilon=0}$$

Este último ponto (Φ_{km2}, X_{OT}) não é um ponto de estacionaridade mas um ponto anguloso, correspondente ao ponto de tangência da parábola:

$$y_{P_0} = \left[\alpha - 1 + \frac{10\beta}{16}\,X\right]^2$$

Com a curva

$$y = \frac{\Phi_k^2}{\sqrt{X}} \quad \Phi_k = 0$$

que degenera nos dois eixos das coordenadas.

* * *

Da expressão de ε^2 (79) torna-se fácil concluir que:

$$X_m \leqslant X_{m1},\ X_{m2} \leqslant X_{OT}$$

Da figura (11) onde se convencionou:

$$\Phi_k^2{}_{m1} > \Phi_k^2{}_{m2}$$

Podemos concluir ainda:

$$X_m \leqslant X_{m1} \leqslant X_L \leqslant X_{m2} \leqslant X_{OT} \qquad (80)$$

Sendo Φ_{kL} o valor correspondente a X_L, isto é $\Phi_{km1} = \Phi_{km2} = \Phi_{kL}$, podemos escrever também:

$$|\,\Phi_{km}\,| \leqslant |\,\Phi_{km1}\,| \leqslant |\,\Phi_{kL}\,|$$

$$0 \leqslant |\,\Phi_{km2}\,| \leqslant |\,\Phi_{kL}\,|$$

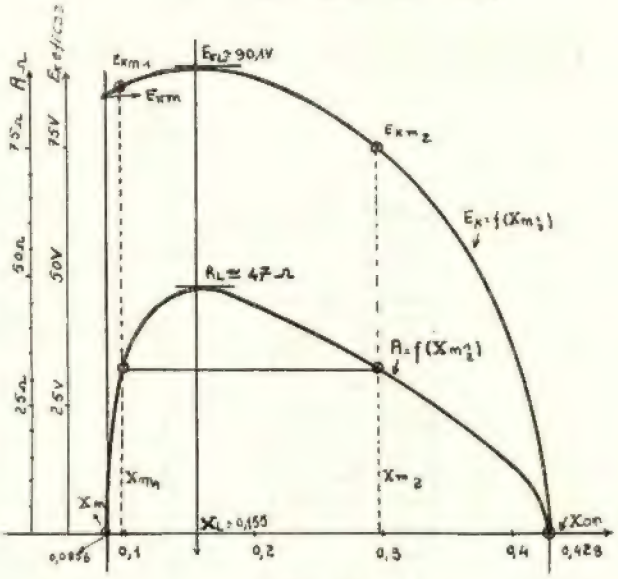


Fig. 12

Na figura (12) representamos as leis de variação: E_{km1}, E_{km2} (valores eficazes) e ainda de R em função de X_{m1}, X_{m2}; estas leis de variação correspondem a uma aplicação de que oportunamente trataremos.

Devendo-se notar que a lei de variação de (E_{km1}, E_{km2}) com (X_{m1}, X_{m2}) é a mesma de $(|\,\Phi_{km1}\,|, |\,\Phi_{km2}\,|)$ pois se definiu:

$$\Phi_k = -\frac{E_k}{\omega}$$

sendo portanto:

$$|\,\Phi_k\,| = E_{k\,ef} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\omega}$$

Eliminando X_{m1}, X_{m2} entre as duas leis de variação consideradas obtemos a lei de variação:

$$(E_{k\,m1}, E_{k\,m2}) = f\,(R)$$

que vai representada na fig. (13)

* * *

As leis de variação consideradas obtém-se a partir das expressões:

a) (78) que nos dá $\varepsilon_L <> R_L$

b) (79) que nos dá X_m, X_{OT}

c) (77) que nos dá X_{m1}, X_{m2} correspondentes ao valor ε $0 \leqslant \varepsilon \leqslant \varepsilon_L$

d) (71) que nos dá $\Phi_{k\,m1}$, $\Phi_{k\,m2}$; para os valores calculados X_{m1}, X_{m2}.

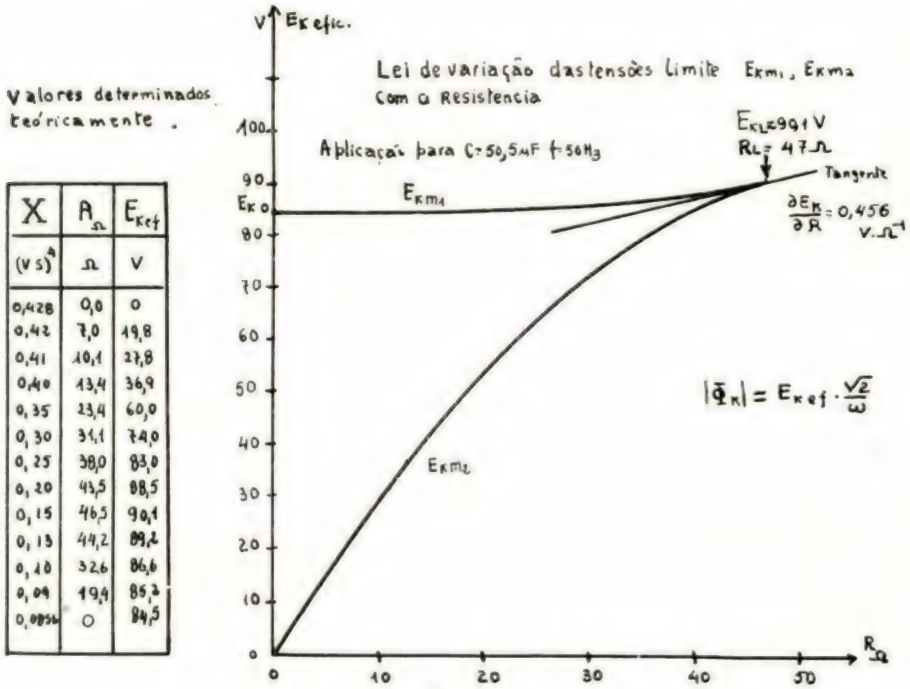
Obtendo-se ainda Φ_{KL} correspondente a ε_L

A fim de elucidar esta discussão vamos analizar ainda as expressões de sen δ, cos δ e tg δ. que se obtém de (59') (60').

$$\operatorname{sen} \delta = \frac{(\alpha - 1)\, x_1 + \dfrac{10\,\beta}{16}\, x_1^5}{\Phi_k} \qquad (81)$$

$$\cos \delta = -\,\varepsilon\, \frac{\alpha\, x_1 + \dfrac{10\,\beta}{16}\, x_1^5}{\Phi_k} \qquad (82)$$

$$\operatorname{tg} \delta = -\, \frac{(\alpha - 1) + \dfrac{10\,\beta}{16}\, x_1^4}{\varepsilon \left(\alpha + \dfrac{10\,\beta}{16}\, x_1^4\right)} \qquad (72)$$



X	R Ω	Eef
(V s)²	Ω	V
0,428	0,0	0
0,42	7,0	19,8
0,41	10,1	27,8
0,40	13,4	36,9
0,35	23,4	60,0
0,30	31,1	74,0
0,25	38,0	83,0
0,20	43,5	88,5
0,15	46,5	90,1
0,13	44,2	89,2
0,10	32,6	86,6
0,09	19,4	85,2
0,0854	0	84,5

Fig. 13

* * *

Posto isto consideremos finalmente, em resumo, a discussão do sistema (59') (60').

Em toda a discussão supomos. Φ_k negativo ou seja E_k positivo pois

$$\Phi_k = -\frac{E_k}{\omega}$$

Supomos ainda x_1 sempre positivo e portanto $x_1 = \Phi_1$.

Como $x_1 > 0$, $\Phi_k < 0$ conclui-se imediatamente que:

sen $\delta > 0$ $\quad X < X_{OT}$

sen $\delta < 0$ $\quad X > X_{OT}$

cos $\delta > 0$ para X qualquer

de (72) conclui-se que:

$$\operatorname{tg} \delta = 0 \qquad \text{para} \qquad X = X_{OT} \text{ e } \varepsilon \neq 0$$

Para

$$\varepsilon = 0 \quad <> \quad R = 0$$

teremos

$$\cos \delta = 0$$
$$\text{sen } \delta = +1 \quad \text{para} \quad X < X_{OT}$$
$$\text{sen } \delta = -1 \quad \text{para} \quad X > X_{OT}$$

Para $X = X_{OT}$ o limite de sen δ é:

$$\lim_{X = X_{OT} - 0} \text{sen } \delta = 1$$

$$\lim_{X = X_{OT} + 0} \text{sen } \delta = -1$$

Resumo da discussão do sistema (59') (60')

Hipótese $(1 - \alpha) > 0 \qquad \Phi_k < 0.$

Dada esta hipótese podemos determinar:

X_m, Φ_{km}
X_L, Φ_{kL} $\qquad \varepsilon_L = \omega\, c\, .\, R_L$
X_{OT}
X_{m1}, Φ_{km1}
X_{m2}, Φ_{km2}

Estes valores permitem-nos discriminar a natureza das raízes $(X = x_1^4, \delta)$ do sistema (59') (60'), podendo resumir-se a discussão do sistema do seguinte modo:

a) $\varepsilon < \varepsilon_L$ ou seja $R < R_L$

(1) $|\Phi_k| < |\Phi_{km2}|$ uma só solução X_1
$X_1 < X_{OT}$
e portanto $(\delta)_1 > 0$

(2) $|\Phi_{km2}| < |\Phi_k| < |\Phi_{km1}|$
três soluções X_1, X_2, X_3
$X_1, X_2 < X_{OT} \quad (\delta)_1\,(\delta)_2 > 0$
$X_3 \lesseqgtr X_{OT} \qquad (\delta)_3 \gtreqless 0$

(3) $|\Phi_k| > |\Phi_{km1}|$ uma solução X_3
$X_3 \lesseqgtr X_{OT} \qquad (\delta)_3 \gtreqless 0$

(4) $\Phi_k = \Phi_{km1} \quad X_1 = X_2 = X_{m1}$

(5) $\Phi_k = \Phi_{km2} \quad X_2 = X_3 = X_{m2}$

(6) $X_m \leqslant X_{m1} \leqslant X_L \leqslant X_{m2} \leqslant X_{OT}$

(7) $|\Phi_{km}| \leqslant |\Phi_{km1}| \leqslant |\Phi_{kL}|$
$0 \leqslant |\Phi_{km2}| \leqslant |\Phi_{kL}|$

b) $\varepsilon = \varepsilon_L \qquad R = R_L$

(1) $\Phi_{km1} = \Phi_{km2} = \Phi_{kL}$
$X_{m1} = X_{m2} = X_L$

(2) Existe uma única solução para qualquer valor de Φ_k

c) $\varepsilon > \varepsilon_L \qquad R > R_L$

(1) Não existem pontos de estacionaridade sendo sempre $|\Phi_k|$ crescente com X. Existe portanto uma única solução para qualquer valor de Φ_k.

* * *

Para a característica $|\Phi_k| = f(X)$ e "δ" podemos concluir as seguintes propriedades:

I *a*) $\varepsilon < \varepsilon_L$

1) Característica crescente para $0 < X < X_{m1}$
2) Máximo para $X = X_{m1}$
3) Decrescente para $X_{m1} < X < X_{m2}$
4) Mínimo para $X = X_{m2}$
5) Sempre crescente para $X > X_{m2}$

b) $\varepsilon = \varepsilon_L$

1) A característica é sempre crescente.
2) Apresenta um ponto de inflexão de tangente horisontal para $X = X_L$

c) $\varepsilon > \varepsilon_L$

característica sempre crescente.

II

O angulo "δ" é:

$$0 < \delta < \frac{\pi}{2} \qquad X < X_{OT}$$

$$-\frac{\pi}{2} < \delta < 0 \qquad X > X_{OT}$$

$$\delta = 0 \qquad X = X_{OT} \qquad \text{se } \varepsilon \neq 0$$

* * *

Com estes elementos podemos agora traçar qualitativamente as características $|\Phi_k| = f(X)$ ou ainda $E_k = f(X)$ o que se fez na fig. (14).

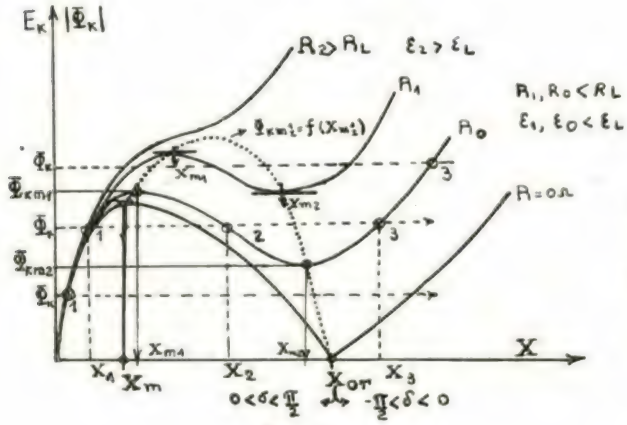


Fig. 14

Estas características são vizinhas das características que se obteriam do sistema (59)...(62) dando-nos portanto em primeira aproximação as soluções (x_1, δ).

Devendo contudo prever-se um certo afastamento entre os valores limites calculados e os que correspondem ao sistema (59)...(62).

Os valores limites poderão ser obtidos indirectamente, calculando um troço da característica $|\Phi_k| = f(X)$ para uma vizinhança $X' \pm \varepsilon$ (X) em que X' é o valor correspondente ao valor limite definido por (59') (60').

Discutido o sistema (59') (60') e obtidas as propriedades gerais das características $|\Phi_k| = f(X)_\varepsilon$ e $\delta = g(X)_\varepsilon$ passamos à interpretação física das soluções.

14 — Interpretação física das soluções

1) Consideremos determinado φ

$$\varphi = x_1 \operatorname{sen} \omega t + x_3 \operatorname{sen} (3\omega t + \delta_3)$$

$$\varphi = x_1 \operatorname{sen} \omega t + p_3 x_1 \operatorname{sen} (3\omega t + \delta_3)$$

2) Consideremos as expressões de p_3, $\operatorname{sen} \delta_3$, $\cos \delta_3$

$$p_3 = -\frac{\lambda \sqrt{(1+9\varepsilon^2)}}{\sqrt{(9-\alpha-6\lambda)^2 + 9\varepsilon^2(\alpha+6\lambda)^2}} \quad (63)$$

$$\cos \delta_3 = -\frac{p_3}{\lambda} \frac{9-(1+9\varepsilon^2)(\alpha+6\lambda)}{1+9\varepsilon^2} \quad (67)$$

$$\operatorname{sen} \delta = -\frac{p_3}{\lambda} \frac{27\varepsilon}{(1+9\varepsilon^2)} \quad (68)$$

Em que se convencionou

$$\lambda = \frac{5\beta}{16} x_1^4$$

$$p_3 < 0$$

3) Consideremos ainda a expressão da corrente i:

Da expressão (48) é fácil concluir-se para i a seguinte expressão:

$$i = a\varphi + b\varphi^5 = \sum_n (a x'_n + b\, {}^5X_{n\varepsilon}) \operatorname{sen} n\omega t + \sum_n (a y'_n + b\, {}^5Y_{n\varepsilon}) \cos n\omega t$$

ou ainda das expressões de x'_n, y'_n, ${}^5X_{n\varepsilon}$, ${}^5Y_{n\varepsilon}$:

$$i = \left[a x_1 + \frac{10\, b}{16} x_1^5 (1 - 2{,}5\, p_3 \cos \delta_3) \right] \operatorname{sen} \omega t - \frac{15\, b}{16} x_1^5 p_3 \operatorname{sen} \delta_3 \cos \omega t + \ldots \quad (83)$$

4) Consideremos a expressão de e_k

$$e_k = E_k \operatorname{sen} (\omega t + \delta) .$$

* * *

Fazendo $\varepsilon = 0$ em (63) obtemos

$$p_3 = -\frac{\lambda}{9-\alpha-6\lambda} = -\frac{\frac{5\beta}{16} x_1^4}{9-\alpha-\frac{30\beta}{16} x_1^4}$$

Expressão que coincide com a que se obteve no caso de ser $R = 0$ (33)

Para $\varepsilon = 0$ será então, pelo que se disse:

$$\operatorname{sen} \delta_3 = 0$$

$$\cos \delta_3 = 1$$

$$\delta_3 = 0$$

Considerando as amplitudes Φ_n positivas será:

$$\varphi = \Phi_1 \operatorname{sen} \omega t - \Phi_3 \operatorname{sen} 3\omega t = \Phi_1 \operatorname{sen} \omega t + \Phi_3 \operatorname{sen} (3\omega t + \pi)$$

para o caso de ser $R = 0$.

H. PARRY & SON, L.DA

SEDE: 6, AV. 24 DE JULHO - LISBOA

Telef.: 64187 (4 Linhas) 66065
Teleg.: NAVIOS-LISBOA

CONSTRUÇÕES
E REPARAÇÕES
NAVAIS

DOCAS SECAS

Execução de qualquer trabalho de
mecânica, electricidade, fundição, caldeiraria, forja, soldadura, etc.

DESENHOS
PROJECTOS
ORÇAMENTOS

APARELHOS E EQUIPAMENTO PARA AS INDÚSTRIAS QUÍMICAS FARMACEUTICAS, ALIMENTARES, ETC., ETC. ...

MATERIAL EM FERRO ESMALTADO,
ESMALTE ESPECIAL RESISTENTE AOS ÁCIDOS.

— trituradores, evaporadores, autoclaves, monta-mostos, filtros, misturadores, cubas, tubagem especial, etc., etc. ...

RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAGEM,
TABULEIROS DE SECAGEM EM AÇO VIDRADO,
MATERIAL EM FERRO FUNDIDO.

— Cubas de ferro fundido especial até 20.000 litros.

MATERIAL EM FERRO FUNDIDO OU CHAPA,
REVESTIDO DE CAOUTCHOUC R. C. D.

— Para tratamento de produtos químicos.

Aparelho de reacção com agitador, em ferro, esmaltado interiormente

Capacidade útil: 125 litros

DE DIETRICH & C.IE

NIEDERBRONN / BAS-RHIN FRANÇA

Sociedade Anónima com o capital 750 000.000 de Frs.

SECÇÃO:
Fundição e Esmaltagem

Enviam-se catálogos, indicações técnicas e orçamentos, sempre que sejam solicitados

REPRESENTANTE EM PORTUGAL:

RUY DE LACERDA

Rua do Almada, 262 PORTO

Oficina e Laboratórios do

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

■ ■ ■

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

■ ■ ■

ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 2 6572

Supondo agora $\varepsilon \neq 0$ concluimos que:

$\operatorname{sen} \delta_3 > 0$ para qualquer ε, λ

$\cos \delta_3 > 0$ para ε, λ pequenos

$\cos \delta_3 < 0$ para ε ou λ suficientemente elevados

Da expressão de $\operatorname{tg} \delta_3$:

$$\operatorname{tg} \delta_3 = \frac{27\,\varepsilon}{9-(1+9\,\varepsilon^2)\,(\alpha+6\,\lambda)}$$

Resulta que:

$$\lim_{R \to \infty} \operatorname{tg} \delta_3 = -0 \qquad \delta_3 = \pi$$

Deste modo podemos concluir que:

$$\varphi = \Phi_1 \operatorname{sen} \omega t + \Phi_3 \operatorname{sen} (3\,\omega t + \pi + \delta_3) \qquad (84)$$

Evoluindo δ_3 para ε, λ crescentes de 0 a π (π é um valor limite que não se atinge) sendo:

$$\varphi = \Phi_1 \operatorname{sen} \omega t + \Phi_3 \operatorname{sen} (3\,\omega t) \text{ . para } R = \infty$$

* * *

Consideremos agora a expressão de i (83)

Como $p_3 < 0$, $\operatorname{sen} \delta_3 > 0$ segue-se que i é da forma:

$$i = I'_1 \operatorname{sen} \omega t + I''_1 \cos \omega t \qquad I'_1,\ I''_1 > 0$$

$$i = I_1 \operatorname{sen} (\omega t + \psi) + \ldots \qquad \operatorname{tg} \psi = \frac{I''_1}{I'_1} > 0$$

$$I_1 = \sqrt{I''^2_1 + I'^2_1}$$

Conclui-se ainda fàcilmente:

$$\psi = 0 \qquad \varepsilon = 0 \to R = 0$$

$$\psi > 0 \qquad \varepsilon \neq 0$$

Deste modo se conclui que a fundamental da corrente está em avanço em relação à fundamental do fluxo, conclusão a que tinhamos já chegado no início deste trabalho.

* * *

Finalmente consideremos

$$e_k = E_k \operatorname{sen} (\omega t + \delta)$$

Concluimos que para

$$X < X_{OT} \qquad 0 < \delta < \frac{\pi}{2}$$

$$X > X_{OT} \qquad -\frac{\pi}{2} < \delta < 0$$

Estas relações devem ser tomadas como uma aproximação como já se fez notar, contudo permitem-nos concluir que "δ anula-se sempre" para um ponto da característica.

Significando:

$\delta > 0$ que a fundamental do fluxo está em atrazo em relação a c_k

$\delta < 0$ que está em avanço

$\delta = 0$ que está em fase

De

$$e_k = E_k \operatorname{sen} (\omega t + \delta)$$

$$\varphi = \Phi_1 \operatorname{sen} (\omega t) + \ldots$$

$$i = I_1 \operatorname{sen} (\omega t + \psi) + \ldots \qquad \psi > 0$$

Conclui-se portanto que para

$\delta > \psi$ a tensão e_k está em avanço em relação à fundamental da corrente. Circuito indutivo.

$\delta = \psi$ a tensão e_k está em fase

$0 < \delta < \psi$

e $\delta < 0$ a tensão e_k está em atrazo. Circuito capacitivo.

15 — Conclusão final

Para os estados de saturação que interessam o nosso estudo p_5 é sempre uma função crescente, em módulo, com X; $p_5 < 0$.

Deste modo são funções crescentes de X, Φ_5, e I_5 pois que:

$$\Phi_n = \frac{1}{n^2\,\omega^2\,c} \sqrt{1+n^2\,\varepsilon^2}\; I_n \qquad (14)$$

Da expressão de i (83) concluimos também que I_1 é uma função crescente de X, basta atender a (68), (67) e (63).

Deste modo podemos concluir que:

$$I_{ef} = \text{função crescente de } X$$

Sendo assim o andamento das características $E_{kef} = f(I_{ef})_\varepsilon$ será idêntico aos das características $|\Phi_k| = f(X)_\varepsilon$, concluindo-se finalmente que:

I — O andamento das características $E_{kef} = f(I_{ef})_\varepsilon$ é:

1) Para $R > R_L$ sempre crescente.
2) Para $R < R_L$ apresenta:

a) Zona crescente
desde $X = 0 <> I_{ef} = 0 <> E_{k\,ef} = 0$
até $X = X_{m1} <> I_{m1\,ef} <> E_{k\,m1\,ef}$

b) Máximo para $I_{m1\,ef} <> E_{k\,m1\,ef}$

c) Zona decrescente
desde $X = X_{m1} <> I_{m1\,ef} <> E_{k\,m1\,ef}$
ate $X = X_{m2} <> I_{m2\,ef} <> E_{k\,m2\,ef}$

d) Mínimo para $I_{m2\,ef} <> E_{k\,m2\,ef}$

e) Sempre crescente a partir de $X > X_{m2}$

f) Para $\varepsilon = 0 <> R = 0 \quad E_{k\,m2\,ef} = 0$

e não é um ponto de estacionaridade mas um ponto anguloso.

II — De acordo com o critério de estabilidade estabelecido no caso de ser $R = 0$, podemos dizer que são estáveis os estados de equilíbrio correspondentes às zonas crescentes e instáveis os que correspondem à zona decrescente.

III — *a*) Quando se varia progressivamente a partir de zero a amplitude da tensão aplicada E_k, teremos no caso de ser $R < R_L$ uma descontinuidade no valor da corrente para $E_k = E_{km1}$.

Esta descontinuidade diminui quando ε aumenta desaparecendo a partir de

$$\varepsilon = \varepsilon_L <> R = R_L$$

Ao dar-se a descontinuidade a corrente passa bruscamente da 1.ª zona crescente para a 2.ª zona crescente.

b) Continuando a aumentar a tensão obtemos novos estados de equilíbrio da zona crescente.

c) Diminuindo agora E_k até E_{km2} chegamos ao limite de separação entre a 2.ª zona crescente e a zona decrescente.

d) Se aumentarmos de novo E_k voltamos à 2.ª zona crescente e deste modo não podemos também aqui entrar na zona decrescente.

e) Diminuindo E_k abaixo de E_{km2} a corrente diminui, entra-se na zona de instabilidade passando-se a trabalhar num estado de equilíbrio da 1.ª zona crescente correspondente ao valor $E_k' < E_{km2}$.

f) Conclui-se portanto que existem duas descontinuidades no valor da corrente quando se varia E_k.

1) a 1.ª dá-se para E_k crescente em E_{km1}
2) a 2.ª dá-se para E_k decrescente em E_{km2}.

É a primeira descontinuidade que dá origem a sobrecorrente e portanto sobretensões na capacidade e bobina.

Pela 2.ª descontinuidade passamos dum regime de correntes relativamente elevadas para um regime de correntes muito baixas.

16 — Resultados experimentais e verificação da teoria exposta

A fim de verificar a teoria exposta determinamos experimentalmente as características $E_{kef} = f(I_{ef})_\varepsilon$, para diversos valores de ε inclusive $\varepsilon = 0$.

Em seguida calculamos, utilizando as expressões anteriormente deduzidas, os valores teóricos correspondentes comparando-se em gráficos comuns os resultados teóricos e experimentais.

Começamos por apresentar os resultados experimentais a que se seguirão as aplicações feitas e respectivas interpretações.

Resultados experimentais

No esquema n.º 3 representa-se a montagem utilizada.

Os ensaios experimentais consistiram essencialmente no seguinte:

1) Aplicar ao circuito uma tensão alternada sinusoidal de pulsação constante $e_k = E_k \operatorname{sen}(\omega t + \delta)$.

2) Crescer gradualmente E_k até obter a descontinuidade de I correspondente ao valor E_{km1}.

3) Continuar a aplicar tensões crescentes para obtenção de estados de equilíbrio da 2.ª zona crescente correspondentes a $E_k > E_{km1}$.

4) Diminuir E_k até E_{km2} para obter segunda descontinuidade no valor da corrente.

* * *

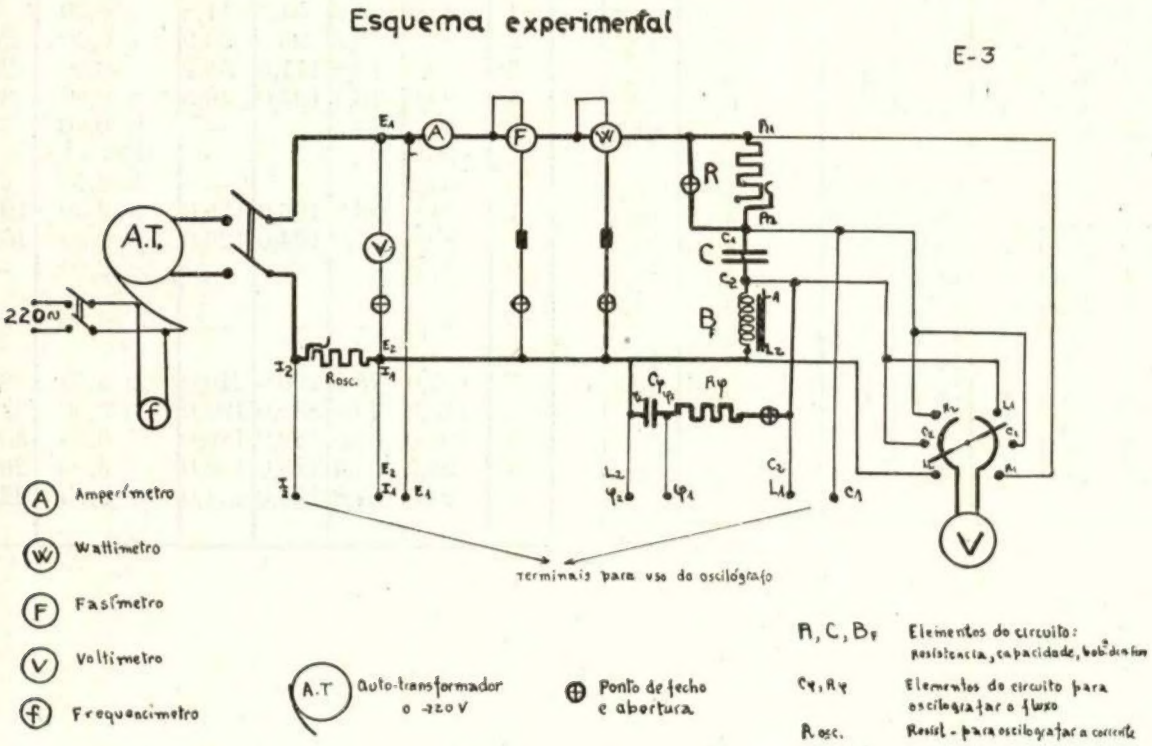
Para cada valor de E_k medimos:

1) Valor eficaz da corrente I_{ef}
2) Tensões aos terminais da capacidade, da bobina e da resistência E_{cef}, E_{Bef}, E_{Ref}.
3) Potência posta em jogo no circuito *P*
4) Colocamos ainda um fasimetro cujas indicações não consideramos por não apresentarem rigor suficiente, servindo-nos apenas para orientar.

5) O valor de R obteve-se pela média dos valores de $\frac{E_{Ref}}{I_{ef}}$

A fonte de alimentação utilizada foi um auto-transformador monofásico.

Os valores utilizados foram os seguintes



Esquema 3

1) Frequência 50 H_3
2) Capacidade 50,5 μF
3) Resistência Fizeram-se seis ensaios para:

$R = 0\ \Omega\ \varepsilon = 0$	$R = 25{,}6\ \Omega\ \varepsilon = 0{,}407$
$R = 13{,}5\ \Omega\ \varepsilon = 0{,}215$	$R = 32{,}0\ \Omega\ \varepsilon = 0{,}509$
$R = 21{,}0\ \Omega\ \varepsilon = 0{,}334$	$R = 46{,}5\ \Omega\ \varepsilon = 0{,}740$

Seguem-se os quadros com os valores registados.

Na fig. (15) representam-se as características $E_{kef} = f(I_{ef})$, obtidas experimentalmente, indicando-se por setas a ordem porque se obtiveram os diversos estados.

Os valores que figuram nos quadros dispõem-se pela mesma ordem.

QUADRO N.° 4

R = 0 Ω	C = 50,5 μF		f = 50 Hz			
N.°	E_K	E_R	E_B	E_C	I	P
—	V	V	V	V	A	W
1	12,0	0	15,8	6,0	0,10	0,5
2	67,0	»	81,0	18,0	0,30	12,5
3	80,5	»	105,2	29,0	0,50	19,5
4	82,5	»	112,5	34,5	0,60	22,0
5	83,0	»	115,0	37,0	0,64	24,5
	≃ 85,				0,65 — 0,7	
6	83,5	»	189,4	265,6	4,90	105,0
7	72,5	»	186,2	251,8	4,70	99,1
8	63,0	»	184,4	240,0	4,50	95,0
9	53,5	»	183,0	228,0	4,25	89,5
10	43,5	»	181,0	214,4	4,00	84,5
11	34,9	»	178,0	200,0	3,75	79,0
12	29,0	»	175,8	186,4	3,50	74,5
13	26,5	»	174,0	179,0	3,30	70,5
14	25,8	»				
15	25,8	»	32,0	8,0	0,14	2,5

QUADRO N.° 5

R = 13,5 Ω	C = 50,5 μF		f = 50 Hz			
N.°	E_K	E_R	E_B	E_C	I	P
—	V	V	V	V	A	W
1	13,0	1,2	16,8	6,3	0,10	0,6
2	48,2	2,7	54,5	12,0	0,20	6,0
3	79,0	5,4	94,5	24,0	0,40	19,3
4	87,5	7,8	110,0	34,0	0,60	27,0
5	89,5	—	—	—	0,72	—
	≃ 91,				0,75 — 0,8	
6	89,5	50,0	184,0	204,0	3,70	272,5
7	84,8	47,2	182,0	194,0	3,50	249,0
8	78,4	43,0	178,4	179,0	3,25	220,0
9	74,0	40,0	175,0	164,0	3,00	192,5
10	72,5	38,4	172,4	152,0	2,80	172,5
11	71,2	—	—	—	2,60	—
12	71,0	4,2	82,0	18,1	0,31	14,5

QUADRO N.° 6

R = 21 Ω	C = 50,5 μF		f = 50 Hz			
N.°	E_K	E_R	E_B	E_C	I	P
—	V	V	V	V	A	W
1	49,5	4,2	54,2	11,8	0,20	7,5
2	81,0	8,6	95,0	23,9	0,40	20,0
3	89,5	12,8	111,5	33,2	0,60	28,5
4	93,0	16,2	123,0	46,5	0,80	39,0
5	93,2	—	—	—	0,90	—
	≃ 95				0,9 — 1,0	
6	93,2	—	—	—	2,70	—
7	91,0	56,2	169,6	139,0	2,50	192,5
8	89,5	47,0	164,0	126,0	2,25	162,0
9	87,5	—	—	—	2,00	—
10	87,2	—	—	—	0,53	—
1′	123,0	78,6	190,0	210,0	3,75	385,0
2′	113,5	73,0	186,0	194,0	3,50	327,5
3′	106,0	68,0	182,0	180,0	3,25	300,0
4′	99,9	62,4	178,0	168,0	3,00	260,0
5′	94,5	57,8	174,0	154,0	2,75	222,5

QUADRO N.° 7

R = 25,6 Ω	C = 50,5 μF		f = 50 Hz			
N.°	E_K	E_R	E_B	E_C	I	P
—	V	V	V	V	A	W
1	51,5	5,2	55,2	11,8	0,20	7,5
2	83,9	10,6	96,8	24,0	0,40	21,2
3	93,0	15,4	113,5	35,0	0,60	32,5
4	96,0	21,0	123,5	45,0	0,80	45,0
5	96,2	26,0	131,8	55,5	1,00	57,5
6	95,7	—	—	—	1,25	
7	95,5	—	—	—	1,50	
8	96,0	44,0	157,0	100,0	1,75	125,0
9	97,4	51,0	162,0	111,0	2,00	155,0
10	99,8	58,0	167,0	125,0	2,25	186,0
11	103,5	64,0	172,0	139,0	2,50	222,5
12	109,0	71,0	176,4	155,0	2,75	262,5
13	115,5	37,6	181,0	168,4	3,00	304,0
14	123,5	84,0	185,0	182,0	3,25	354,0
15	131,0	91,0	189,0	197,0	3,50	405,0
16	141,0	96,4	193,0	211,0	3,75	457,5

QUADRO N.º 8

R = 32 Ω			C = 50,5 μF		f = 50 Hz	
N.º	E_K	E_R	E_B	E_C	I	P
—	V	V	V	V	A	W
1	52,5	6,40	56,0	11,5	0,20	7,5
2	91,5	15,20	106,0	29,0	0,50	28,0
3	98,0	22,00	120,0	40,0	0,70	41,5
4	99,5	—	—	—	0,80	—
5	101,0	—	—	—	0,90	56,0
6	101,5	32,0	134,2	57,0	1,00	66,0
7	103,0	40,0	142,4	69,0	1,25	86,0
8	105,0	48,0	151,0	84,0	1,50	111,0
9	107,0	56,0	158,0	99,0	1,75	146,0
10	111,0	63,0	165,0	111,0	2,00	180,0
11	115,0	72,0	170,0	126,0	2,25	220,0
12	120,5	79,0	175,0	139,0	2,50	262,0
13	127,0	88,4	179,0	155,0	2,75	305,0
14	135,0	96,0	185,0	169,0	3,00	365,0
15	144,0	103,0	189,0	182,0	3,25	418,0
16	154,0	111,6	192,0	196,0	3,50	475,0

QUADRO N.º 9

R = 46,5 Ω			C = 50,5 μF		f = 50 Hz	
N.º	E_K	E_R	E_B	E_C	I	P
—	V	V	V	V	A	W
1	53,0	9,3	54,0	12,0	0,20	7,5
2	89,2	18,2	95,5	23,8	0,40	24,5
3	101,5	27,9	114,0	35,0	0,60	39,5
4	108,0	37,0	125,0	46,5	0,80	57,5
5	112,5	46,2	135,0	57,5	1,00	80,0
6	118,0	58,0	145,0	72,0	1,25	108,0
7	123,0	69.0	153,0	87,0	1,50	147,0
8	130,0	80,2	161,0	101,0	1,75	187,0
9	138,0	93,0	168,0	115,0	2,00	237,5
10	148,0	105,0	173,6	131,0	2,25	297,5
11	157,6	116,0	180,0	144,0	2,50	307,5
12	169,0	122,0	185,0	159,0	2,75	420,0
13	180,0	140,0	190,0	170,0	3,00	500,0
14	208,0	163,0	201,0	202,0	3,50	660,0
15	219,0	172,0	205,0	213,0	3,72	730,0

1.ª Aplicação

Circuito sem resistência

Fizemos uma aplicação da teoria exposta para os seguintes valores:

$$R = 0 \quad \varepsilon = 0$$
$$C = 50{,}5\ \mu F$$
$$f = 50\ H_3$$

Utilizamos para i a expressão:

$$i = 0{,}6\ \varphi + 16{,}5\ \varphi^5$$

Correspondendo portanto:

$$a = 0{,}6 \quad (A)\ (VS)^{-1} \quad \alpha = \frac{a}{\omega^2 c} = 0{,}12 \text{ [sem dimensões físicas]}$$

$$b = 16{,}5 \quad (A)\ (VS)^{-5} \quad \beta = \frac{b}{\omega^2 c} = 3{,}3 \quad [VS]^{-4}$$

A fim de avaliar a eficiência do processo directo de determinação de x_1 a partir do conhecimento de $\Phi_k = -\frac{E_k}{\omega}$ decidimos utilizar este processo para determinar x_1.

O método que seguimos foi o seguinte:

1) Resolver a equação (30')

$$\frac{10\,\beta}{16}\, x_1^5 = (1-\alpha)\, x_1 + \Phi_k \qquad (30')$$

A resolução fez-se gràficamente para o que se deu a esta equação a forma:

$$x_1^5 = (1-\alpha)\,\frac{16}{10\,\beta}\, x_1 + \Phi_k\,\frac{16}{10\,\beta}$$

A que corresponde para os valores considerados:

$$x_1^5 = 0{,}428\, x_1 - 0{,}00219\, E_{k\,ef}$$

Sendo

$$E_{k\,ef} = -\frac{\omega\,\Phi_k}{\sqrt{2}} \qquad \Phi_k < 0$$

2) Consideramos seis valores da tensão incluindo E_{km} correspondente à tensão limite que foi calculada pela expressão (35) e que dá ≃ 84 volt.
3) Determinamos as raízes $(x_1')_1\ (x_1')_2\ (x_1')_3$
4) Calculamos a correcção k a fazer (expressão 44)
5) Obtivemos $(x_1) = k\ (x_1')$
6) Calculamos $p_{\varphi 3}$, $p_{\varphi 5}$
7) Calculamos I_1, I_3, I_5, I_{ef} para o que utilizamos exclusivamente a expressão $i = a\ \varphi + b\ \varphi^5$ onde substituimos φ pelo valor calculado a partir de (5) (6)

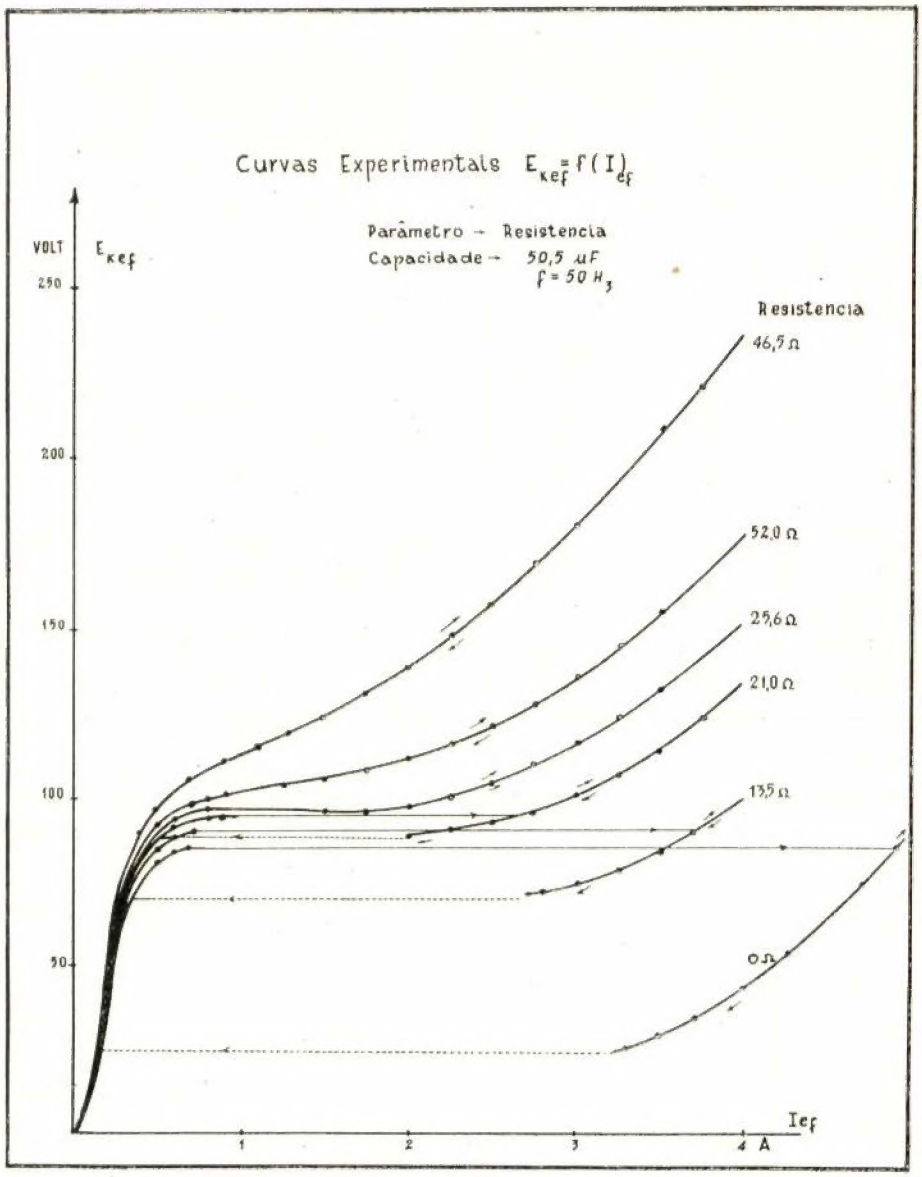


Fig. 15

8) Calculamos E_{c1}, E_{c3}, E_{c5}, E_{cef} utilizando a relação $e_c = \int \frac{i\,dt}{c}$

9) Calculamos E_{B1}, E_{B3}, E_{B5}, E_{Bef} utilizando a relação $e_b = \frac{d\varphi}{dt}$

10) No quadro de valores representamos todas as grandezas pelas suas amplitudes

11) Dividimos em 3 secções as soluções correspondentes a $(x_1)_1$ $(x_1)_2$ $(x_1)_3$

12) Como frisamos $\frac{x_3}{x_1} = p_3$ é sempre negativo notando-se agora o que aliás se conclui fácilmente da expressão de x_5 obtida da equação (32) que $\frac{x_5}{x_1}$ é sempre positivo

Deste modo será

$$\frac{x_3}{x_1} < 0 \qquad \frac{x_5}{x_1} > 0$$

$$\left|\frac{x_3}{x_1}\right| = p_{\varphi 3} \qquad \left|\frac{x_5}{x_1}\right| = p_{\varphi 5}$$

13) Atendendo à expressão de

$$i = (a\,x_1 + b\,{}^5\chi_1)\,\text{sen}\,\omega t +$$